

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en preescolar

María Guadalupe González Osornio



Manual Moderno®

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar



EL LIBRO MUERE CUANDO LO FOTOCOPIA

AMIGO LECTOR:

La obra que usted tiene en sus manos posee un gran valor. En ella, su autor ha vertido conocimientos, experiencia y mucho trabajo. El editor ha procurado una presentación digna de su contenido y está poniendo todo su empeño y recursos para que sea ampliamente difundida, a través de su red de comercialización.

Al fotocopiar este libro, el autor y el editor dejan de percibir lo que corresponde a la inversión que ha realizado y se desalienta la creación de nuevas obras. Rechace cualquier ejemplar “pirata” o fotocopia ilegal de este libro, pues de lo contrario estará contribuyendo al lucro de quienes se aprovechan ilegítimamente del esfuerzo del autor y del editor.

La reproducción no autorizada de obras protegidas por el derecho de autor no sólo es un delito, sino que atenta contra la creatividad y la difusión de la cultura.

Para mayor información comuníquese con nosotros:



Editorial El Manual Moderno, S. A. de C.V.
Av. Sonora 206, Col. Hipódromo, 06100
México, D.F.

Editorial El Manual Moderno (Colombia), Ltda
Carrera 12-A No. 79-03/15
Bogotá, D.C.



Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar

María Guadalupe González Osornio
Maestra en Psicología
Residencia en Neuropsicología Clínica
Universidad Nacional Autónoma de México

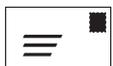
Editor Responsable:
Lic. Santiago Viveros Fuentes.
Editorial El Manual Moderno



Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.
Av. Sonora 206 Col. Hipódromo, C.P. 06100 México, D.F.

Editorial El Manual Moderno, (Colombia), Ltda
Carrera 12-A No. 79-03/05 Bogotá, DC

**Nos interesa su opinión
comuníquese con nosotros:**



Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.,
Av. Sonora núm. 206,
Col. Hipódromo,
Deleg. Cuauhtémoc,
06100 México, D.F.



(52-55)52-65-11-00



info@manualmoderno.com
quejas@manualmoderno.com

Para mayor información en:

- Catálogo de producto
 - Novedades
 - Pruebas psicológicas en línea y más
- www.manualmoderno.com

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar

D.R.© 2015 por Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán,
C.P. 04510, México D.F.

ISBN UNAM: 978-607-02-5769-8 (versión impresa)

ISBN UNAM: 978-607-02-5856-5 (versión electrónica)

Fecha de edición: 30 de enero de 2015

En coedición:

Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.

ISBN: 978-607-448-450-2 (versión impresa)

ISBN: 978-607-448-451-9 (versión electrónica)

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg.
núm. 39

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopiador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.

IMPRESO Y HECHO EN MÉXICO/PRINTED IN MEXICO



Manual Moderno®

es marca registrada de

Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.

González Osorio, María Guadalupe, autor

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar / María Guadalupe González Osorio. – México, D.F. : Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología : Editorial El Manual Moderno, 2015.

xvi, 88 páginas : ilustraciones ; 23 cm.

ISBN 978-607-02-5769-8 (versión impresa UNAM)

ISBN 978-607-02-5856-5 (versión electrónica UNAM)

ISBN 978-607-448-450-2 (versión impresa, Editorial El Manual Moderno)

ISBN 978-607-448-451-9 (versión electrónica, Editorial El Manual Moderno)

Incluye índice

1. Funciones ejecutivas (Neuropsicología). 2. Pruebas neuropsicológicas – Niños. 3. Lóbulos frontales – Psicofisiología. I. Universidad Nacional Autónoma de México. II. Título.

612.80833scdd21

Biblioteca Nacional de México

Director editorial y de producción:
Dr. José Luis Morales Saavedra

Editora asociada:
**Lic. Vanessa Berenice
Torres Rodríguez**

Diseño de portada:
LCS. Adriana Durán Arce

Índice

Dedicatoria.	vii
Agradecimientos.	viii
Prólogo	x
Resumen.	xiii
Introducción	xiv
1. Funciones ejecutivas y lóbulos frontales	1
2. Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas	11
3. Desarrollo de las funciones ejecutivas en la edad preescolar.	15
4. Planteamiento del problema	35
5. Método	37
6. Resultados	43
7. Discusión	69
Bibliografía.	77
Índice.	83



“Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Psicofisiología y Neuropsicología de la Facultad de Psicología de la UNAM, bajo la dirección y supervisión de la Dra. Feggy Ostrosky Shejet y la Dra. Gabriela Orozco Calderón”



Dedicatoria

A mis padres

A quienes me dieron la vida. A quienes sin esperar nada, lo dieron todo. A quienes rieron conmigo en mis triunfos y lloraron también en mis fracasos.

A mi madre, por haber sido tú, la que incansablemente sin importar las dificultades de la vida, luchó por hacerme una mujer de bien, una mujer preparada. Por haber confiado en mí. Por haberme dado la vida misma...

A mi padre, gracias a ti papá, por ser un gran amigo y apoyarme en mi camino, gracias por formarme con tu sabiduría. Tus gracias y alegrías, tus enojos y sonrisas. Gracias por formar esta familia y por darme tu cariño

A mi hermano, agradezco el poder seguir, a cada paso contando contigo, porque junto a ti aprendí a vivir, ¡Hermanos, en lo bueno y en lo malo!

A mi familia, que supo encaminar rebeldías, perdonar errores, consolar tristezas, compartir sueños, saborear logros porque nunca he estado sola. Gracias por todo su amor.



Agradecimientos

A mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a quién debo mi desarrollo y formación, gracias por todas las oportunidades brindadas, porque los colores azul y oro, los llevaré tatuados siempre en la piel y el corazón.

Al Programa de Maestría y Doctorado en Psicología (UNAM), por permitirme pertenecer y desarrollarme en este sistema educativo que se mantienen a la vanguardia profesional y logran calidad en su actividad.

A la Residencia en Neuropsicología Clínica pues me brindo las condiciones óptimas para adquirir conocimientos, habilidades y herramientas en el desempeño de la Neuropsicología.

A la Doctora Feggy Ostrosky, de quién tanto he aprendido, no sólo en lo académico, sino también en lo personal y que desde que la conozco, me mostró su incondicional apoyo. Gracias por permitirme formar parte de su equipo en el Laboratorio de Psicofisiología y Neuropsicología. Gracias por contagiarme de su gran pasión por la Neuropsicología. Gracias por ser el director que orquesta esta tesis.

Al Doctor Felipe Cruz, por contagiarme de tu interés y entrega en la Neuropsicología, por inundarme de dudas y deseo de conocimiento. Gracias por tu apoyo, tu cariño, por tus atenciones, tu comprensión, sobre todo por tu paciencia. Gracias por permitirme encontrar en la residencia a un gran padre académico.

A mí tutora, la Doctora Gabriela Orozco, por tu gran ayuda, paciencia, por tu esfuerzo e interés en todo momento. Por haberme acompañado a lo largo de este viaje, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Gracias de todo corazón, sin tu ayuda no hubiera sido capaz de realizarlo.

A la Doctora Alicia Vélez, por siempre confiar en mí, por tu apoyo en el logro de cada una de mis metas. Por creer en mí, te agradezco inmensamente todo el apoyo y comprensión que me has brindado.

A la Doctora Andrómeda Valencia, por su interés y motivación en la lectura y opinión de este trabajo. Por sus relevantes aportes y comentarios a esta investigación.

Al Doctor Julio Flores, por leer, opinar, corregir y darme ánimo en la revisión de esta tesis. Por sus apasionantes conferencias, cursos e incluso en pláticas coloquiales, de los Lóbulos Frontales y las Funciones Ejecutivas.

Al Doctor Ignacio Méndez, por su ayuda, paciencia y dirección en el maravilloso mundo de las Ecuaciones Estructurales. Gracias por su apoyo desinteresado.

A la Lic. Asucena Lozano, por su apoyo y paciencia desde mis primeros pasos por el laboratorio, por sus valiosas conversaciones en torno a esta tesis.

La presente tesis es resultado del esfuerzo de un gran equipo de trabajo "Funcioncitas": Azu, Brenda, Cecy, Daniel, Diana, Elsa, Faby, Geraldine, Gaby, Sof, muchas gracias a todos, por su trabajo y dedicación, por su cariño y comprensión. Gracias también a mis amigos y miembros del laboratorio, César Romero y Karla Díaz.

A los niños y padres de familia que formaron parte de esta investigación, gracias por su valiosa colaboración.

Gracias a cada uno de mis profesores, que compartieron su interés y brindaron su conocimiento, durante mi formación en la maestría: Lic. Asucena Lozano, Mtra. Itzel Galán, Mtra. Irma Zaldivar, Mtro. Gerardo Ortiz, Dra. Alicia Vélez, Dr. Felipe Cruz, Dra. Gabriela Orozco, Dra. Maura Ramírez.

Gracias a mis amigos por acompañarme en mis momentos de crisis, consolarme en mis tristezas y festejar mis alegrías.



Prólogo

El término de función ejecutiva o funciones ejecutivas (FE) no se refiere a un proceso cognitivo unitario, sino a un constructo psicológico que incluye el conjunto de habilidades que controlan y regulan otras habilidades y conductas. Como su nombre lo indica, son habilidades de alto orden que influyen sobre habilidades más básicas como la atención, la memoria y las habilidades motoras.

Las FE son aquellas que le permiten a un individuo organizar, integrar y manipular la información adquirida. De este modo, al estar dichas funciones particularmente desarrolladas en el ser humano, le dotan a éste de la capacidad de crear, anticipar, planear y abstraer, entre otras. Las FE, permiten organizar el comportamiento con el fin de lograr una meta a largo plazo, regular nuestras emociones y en general, regular nuestro comportamiento. Estas funciones también están involucradas en la conducta social, ya que le permiten al individuo anticipar el estado de ánimo o pensar de otros; asimismo, participan en la emisión de juicios basados en estados afectivos.

En la vida real, juegan un papel relevante en la adaptación y la ejecución adecuada. Estas habilidades permiten que el individuo inicie y termine las tareas, y cuando se presenten dificultades perseverar hasta que alcance el objetivo.

Debido a que el medio ambiente no siempre es predecible, las FE son indispensables para poder reconocer la significancia de situaciones inesperadas y poder hacer planes alternativos cuando surgen eventos inusuales que interfieran con las rutinas normales. Así, las FE contribuyen a poder tener éxito en el desempeño de las actividades de la vida diaria en el aspecto individual, social y ocupacional.

Las FE también permiten inhibir conductas inapropiadas. Las personas con deficientes FE tienen problemas para interactuar con otras personas ya que pueden hacer o decir cosas que son ofensivas o inapropiadas para los demás, como por ejemplo hacer comentarios sexuales explícitos a extraños o comentarios negativos sobre la apariencia de los de-

más, o insultar a figuras autoritarias como un maestro, jefe o policía. Es por esto que las FE son de alta relevancia en las interacciones sociales.

Las alteraciones en las FE han sido identificadas en diversos trastornos del desarrollo y psiquiátricos. Por ejemplo, el trastorno por déficit de atención e hiperactividad, la dislexia, el trastorno obsesivo-compulsivo, la esquizofrenia, la enfermedad de Parkinson; la demencia fronto-temporal. También se han asociado con la personalidad antisocial, la psicopatía y en sujetos que manifiestan dependencia a drogas y al alcohol.

Diversas FE declinan con la edad y las alteraciones en las FE pueden ser predictoras de un deterioro relacionado con diversos tipos de demencias.

Debido a que las FE dirigen y controlan diversas habilidades básicas. Actualmente existe controversia acerca de las bases neuratómicas y funcionales de estas habilidades. Sin embargo, diversas investigaciones han señalado que los lóbulos frontales tienen una función muy importante en el desempeño de las FE.

Es importante tomar en cuenta que los términos de FE y funciones de los lóbulos frontales se refieren a dimensiones diferentes. Mientras que los lóbulos frontales se relacionan con términos anatómicos e incluyen áreas funcionalmente distintas, las FE son un constructo psicológico que incorpora diversas habilidades.

Recientes investigaciones neuropsicológicas y con técnicas de neuroimagen señalan que los lóbulos frontales son un centro de coordinación de actividades básicas (atención, memoria y actividad motora), así como el sitio principal de algunas FE, como las funciones de autorregulación, metacognición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva.

Los lóbulos frontales ocupan 30% de la corteza cerebral. Es el sitio en donde los procesos menos complejos, incluyendo sensación y percepción son procesados e integrados en pensamientos, memorias y habilidades, así como donde se inician las acciones y los planes. Las personas que sufren una lesión estructural o funcional en los lóbulos frontales presentan deficiencias con los procesos de alto orden, que subyace las funciones ejecutivas. Debido a su complejidad, la corteza frontal tiene un desarrollo más lento y prolongado que otras áreas cerebrales, por esto muchas de las FE no están completamente desarrolladas hasta finales de la segunda década de la vida.

Hoy en día, existen múltiples definiciones relacionadas con el constructo de FE y a pesar de que éstas son muy amplias, debido a los múltiples constructos que incluyen, existen puntos en común entre ellas. Muchas de estas definiciones están basadas en modelos teóricos, los cuales influyen sobre la investigación y la práctica clínica.

Diversas investigaciones han comenzado a estudiar el desarrollo de funciones ejecutivas en etapas tempranas de la infancia.

Con el propósito de estudiar autocontrol, y con esto inhibición de respuestas, Prencipe & Zelazo (2005), tomaron en consideración el paradigma de la Postergación de la recompensa, en el que se le da a escoger al niño entre una recompensa pequeña inmediata o una recompensa grande postergada. Encontró que los niños de tres años escogen la recompensa inmediata, pero aconsejan al evaluador esperar (Qu & Zelazo, 2007).

El mismo autor ha estudiado también la flexibilidad en la edad preescolar. En una tarea de clasificación de cartas encontró que la mayoría de niños de tres años tienen problemas para cambiar la regla del criterio de clasificación (Zelazo, 2006). Asimismo, se encontró que un estímulo emocional positivo facilitaba el cambio de regla en niños de esta edad (Qu & Zelazo, 2007).

Por otro lado, Garon & Moore (2004) aplicaron una adaptación de las cartas de Iowa a niños de 3, 4 y 6 años, para evaluar inhibición de respuestas y toma de decisiones. Encontraron que los niños de 6 años mostraban mejor comprensión de la tarea, es decir, se daban cuenta de que las cartas que daban más puntos también eran las que daban más castigos.

En otra investigación, se estudió la relación que existía entre control inhibitorio, la capacidad de planeación y la teoría de la mente en niños de 3 y 4 años. Encontraron que las tareas de control inhibitorio correlacionaban de manera significativa con las tareas de teoría de la mente (Carlson *et al*, 2004).

Estos estudios proporcionan una pauta para construir teorías sobre la evolución y desarrollo de las funciones ejecutivas y sus subyacentes neurológicos.

El objetivo del libro *Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar* es integrar las principales funciones ejecutivas estudiadas en edad preescolar, estudiar el curso de su desarrollo y explorar la relación entre ellas. De forma innovadora se aplicaron técnicas estadísticas avanzadas como los modelos de ecuaciones estructurales, para clarificar la estructura de FE y examinar los efectos directos de sus componentes.

Este método permitió identificar que la estructura de las FE en la edad preescolar, incluye dos componentes: memoria de trabajo e inhibición que están relacionados, pero que son independientes e inciden en los componentes de planeación y flexibilidad mental. Estos hallazgos nos ayudan a identificar el desarrollo normal y dan herramientas para intervenir en los casos de patologías. Es un libro que merece un lugar prominente en la biblioteca de estudiantes, investigadores y clínicos que busquen la comprensión actualizada sobre este novedoso e importante tema.

He tenido la oportunidad y privilegio de conocer a María Guadalupe González Osornio como alumna y colaboradora en mi laboratorio desde 2006. Su compromiso, entusiasmo y pasión han sido una fuente de inspiración constante en mi quehacer científico, Lupita ha sido una alumna brillante y comprometida, y éste es, sin duda, el primero de muchas futuras aportaciones que Lupita realizará al estudio de la compleja relación entre el cerebro y la conducta.

Dra. Feggy Ostrosky Shejet



Resumen

Estudios recientes indican que las funciones ejecutivas (FE) inician su desarrollo antes de lo previsto y destacan los cambios que ocurren durante la edad preescolar y su relación con la maduración de la corteza prefrontal (CPF).

Los objetivos del estudio de las FE en la edad preescolar se han centrado en identificar las trayectorias en el desarrollo de cada componente, su estructura e interrelaciones. A pesar de las diversas aproximaciones por tratar de dilucidar dichos aspectos, aún es imposible reconocer trayectorias completas y no hay consenso acerca del número de factores en los que es posible conceptualizar las FE en la edad preescolar. El uso de técnicas estadísticas avanzadas, como los modelos de ecuaciones estructurales, puede delinear la estructura de FE y determinar los efectos directos de sus componentes. La finalidad de este trabajo es evaluar el desarrollo de los componentes de las FE en la edad preescolar, su estructura y efectos directos.

La investigación utiliza como método un estudio no experimental de tipo transversal descriptivo. La muestra total se integró con por 128 niños, distribuidos en cuatro grupos: 32 niños de 3 años de edad, 32 niños de 4 años de edad, 32 niños de 5 años de edad y 32 niños de 6 años de edad. La evaluación neuropsicológica se realizó mediante la **batería de funciones ejecutivas en la edad preescolar**. Como resultados, se reconoció un efecto significativo de la edad en todos los componentes evaluados. Mediante el análisis factorial confirmatorio se identificó que la estructura de las FE en la edad preescolar incluye dos componentes (memoria de trabajo e inhibición), relacionados pero independientes. Por medio del análisis de senderos fue posible advertir que los componentes de memoria de trabajo e inhibición inciden de manera significativa en los componentes de planeación y flexibilidad mental.



Introducción

El niño no es la reproducción de un adulto; por el contrario, lo es de su misma infancia y de su proceso de desarrollo y modificación de conducta.

(Henri Wallon, 1976)

La neuropsicología del desarrollo tiene como objetivo estudiar la evolución cognitiva y su relación con el cerebro en crecimiento (Anderson, Northan, Hendy & Wrennall, 2001). En sus inicios, esta área de estudio se concebía como una adaptación de los hallazgos en adultos, pero en la actualidad se considera una rama diferenciada de la neuropsicología, dado que se reconoce que los modelos explicativos del funcionamiento cognitivo en adultos no pueden extrapolarse a niños porque en aquéllos los procesos cognitivos son más estables es decir, el cerebro ha alcanzado su completa maduración, mientras que en éstos los procesos cognitivos son dinámicos pues el cerebro todavía se encuentra en desarrollo (Espy, 2004; Paterson, Heim, Friedman, Choudhury & Benasich, 2006).

Con anterioridad se utilizaban instrumentos para adultos en la evaluación de niños, bajo la presuposición de que medían capacidades equivalentes. Hoy en día se ha observado que no es pertinente tratar a los niños de igual manera que a los adultos, ni en el diagnóstico ni en el tratamiento. Por esta razón resultó necesario proponer y establecer métodos de evaluación e intervención elaborados de forma específica para la población infantil (Hunter & Donders, 2007).

Por lo tanto, el objetivo de la neuropsicología del desarrollo es suministrar conocimiento acerca de las relaciones entre el cerebro en desarrollo y las habilidades cognitivas, como atención, memoria, lenguaje y funciones ejecutivas (FE). Las FE son un constructo psicológico referido a procesos cognitivos que intervienen en la solución de problemas dirigidos a objetivos. Dichas funciones se han relacionado en particular con la actividad de los lóbulos frontales (LF). El estudio de las FE proviene sobre todo de la población adulta; la

investigación en etapas tempranas del desarrollo se habían subestimado hasta fecha reciente, pero cada vez existe un mayor interés en la descripción de las características de su desarrollo durante la niñez intermedia y la adolescencia. Sin embargo, aún es limitado el conocimiento acerca de las FE en la primera niñez.

La niñez temprana abarca el periodo comprendido entre los 3 y los 6 años y se considera una etapa de grandes cambios cognitivos y sociales, ya que en ese lapso se inicia la etapa preescolar en la cual es posible identificar precursores del desempeño ejecutivo (Wiebe, Sheffield, Nelson, Clark, Chevalier & Espy, 2011).

El conocimiento del desarrollo neuropsicológico de las FE en la infancia, a través de su evaluación neuropsicológica, permitirá conocer las características peculiares del procesamiento cognitivo en niños preescolares y favorecerá la identificación del curso del desarrollo normal y la distinción del patológico, así como la creación de intervenciones oportunas y eficaces en esta etapa del desarrollo. En consecuencia, el objetivo de esta tesis fue describir el desarrollo de las FE en la edad preescolar. En la primera parte se lleva a cabo una revisión del concepto de FE y su relación con los LF; en la segunda se describen los hallazgos del desarrollo neuropsicológico de las FE y su correlación con el neurodesarrollo de los LF; en la tercera se presentan los antecedentes del desarrollo neuropsicológico en la etapa preescolar, además de las tareas utilizadas para su evaluación; en la quinta y sexta se analizan la metodología empleada y los resultados, y al final se efectúa la discusión de los datos.

Capítulo 1

Funciones ejecutivas y lóbulos frontales

Definición del concepto de funciones ejecutivas

Las FE son un constructo teórico que ha permitido hacer referencias a ciertas funciones cognitivas. Muriel Lezak (1982) fue la primera en acuñar el término “funciones ejecutivas” y las definió como las capacidades para formular objetivos, planear y realizar los planes de modo efectivo.

Por su parte, Anderson (2002) describe las FE como un “paraguas” que incorpora diversos procesos interrelacionados encargados de la conducta dirigida a metas y señala que estos procesos ejecutivos son esenciales para la síntesis de estímulos externos, formación de objetivos y estrategias, preparación de la actividad y verificación de planes y acciones (figura 1-1). Goldberg (2002) establece una analogía del término ejecutivo al utilizar la figura de un “líder” que dirige y organiza otros procesos cognitivos.

Stuss y Levine (2002) proponen que se trata de funciones cognitivas de alto nivel y que participan en el control y dirección de las funciones de bajo nivel.

Por último, Zelazo (2003) postula que no abarcan tan sólo procesos cognitivos sino también respuestas emocionales y hace una distinción entre funciones ejecutivas “frías” y “calientes”, las primeras más relacionadas con procesos cognitivos y las segundas con procesos afectivos.

Pese a que aún no existe un consenso, el término de FE se refiere a un conjunto de capacidades que no sólo abarcan los procesos cognitivos sino también las respuestas afectivas que permiten la actividad dirigida a la solución de problemas, en situaciones nuevas y complejas; las FE rebasan el ámbito de las conductas habituales y automáticas, y se definen como una serie de procesos que facilitan la adaptación a situaciones nuevas (Anderson, 2002; Goldberg, 2002; Lezak, 1982; Stuss & Levine, 2002; Zelazo, 2003). A continuación se enlistan los procesos cognitivos considerados dentro del marco de las FE:

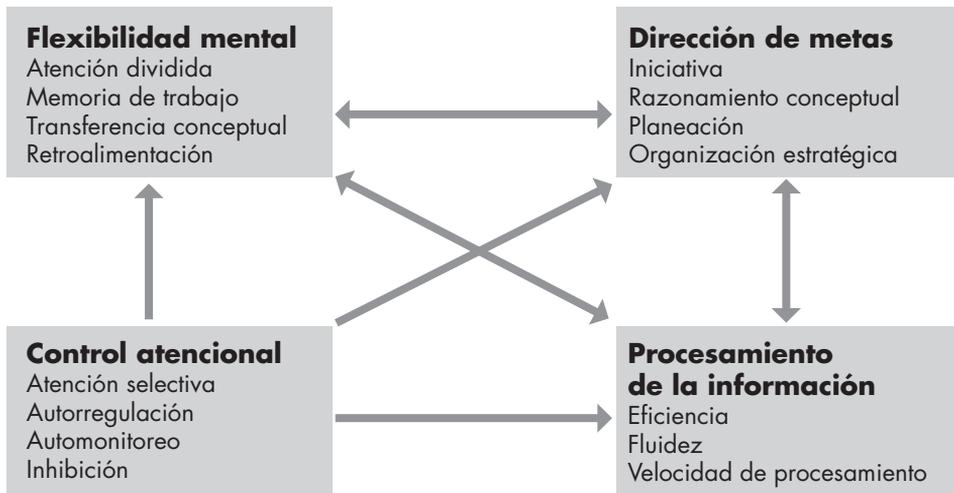


Figura 1-1. Modelo de las funciones ejecutivas propuesto por Anderson.

- **Abstracción:** capacidad de analizar la información implícita presentada (Lezak, 2004).
- **Atención sostenida:** habilidad para mantener enfocada la atención en determinada situación por un tiempo considerable (Posner & Dehaene, 1994).
- **Autorregulación:** capacidad para controlar y dirigir apropiadamente las propias emociones (Sheese, Rothbart, Posner, White & Fraundor, 2008).
- **Control metacognitivo:** regulación o ajuste en los procesos cognitivos, producto del propio monitoreo (Schwartz & Perfect, 2002).
- **Flexibilidad mental:** capacidad para cambiar un patrón de respuestas y tareas y adaptarse a nuevas circunstancias, a partir de la detección de un resultado ineficiente; exige la inhibición de cierto patrón de respuestas para poder cambiar de estrategias (Robbins, 1998).
- **Fluidez:** capacidad de generar determinado tipo de información que la situación exige en un momento particular (Ruff, Allen & Farrow, 1994).
- **Inhibición:** capacidad para suprimir una respuesta dominante y ejecutar una alterna (Nigg, 2000).
- **Memoria de trabajo:** capacidad para mantener y manipular cierta información por un tiempo relativamente corto, mientras se realiza una acción o proceso cognitivo basados en esta información (Baddeley, 2002).
- **Mentalización:** capacidad de anticipar los sentimientos o pensamientos de otras personas en determinadas circunstancias (Carlson, Moses & Claxton, 2004).
- **Planeación:** capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr una meta (Baker, Rogers & Owen, 2006).
- **Procesamiento de riesgo-beneficio:** habilidad para detectar y anticipar elecciones con base en la determinación del riesgo o beneficio (Bechara, Damasio & Damasio, 2000).

Diversos autores (cuadro 1-1) se han interesado en el estudio de las FE e incluso han propuesto modelos para su entendimiento. Estos modelos son diversos, desde el estudio de población clínica (Lezak, 1982; Luria, 1966) hasta los que aplican técnicas de neuroima-

Cuadro 1-1. Aproximaciones al estudio de las funciones ejecutivas

Año	Autor	Propuestas	Aproximación	Hallazgos
1972	Luria	Tres unidades funcionales Tercera	Pacientes con lesiones frontales (Segunda Guerra Mundial)	Los lóbulos frontales se relacionan con capacidades, como programar, regular y verificar la conducta
1982	Lezak	Formulación de la meta Planeación Mantenimiento Realización del plan	Pacientes con lesiones frontales	Alteraciones en iniciativa y motivación, incapacidad de plantear metas y objetivos
1986	Norman & Shallice	Modelo de procesamiento de la información	Pacientes con lesiones frontales Población normal	Sistema de supervisor atencional representado en la CPF
1990 1996 2003	Baddeley	Memoria de trabajo	Pacientes con lesiones frontales Patrones de activación en población normal	Administrador central (corteza prefrontal dorsolateral) Bucle fonológico Bucle visoespacial Bucle episódico
1994 1998 2002	Damasio	Marcador somático	Pacientes con lesiones en las CPF (ventral)	Señal de alarma automática que prepara el resultado de la acción esencial antes de analizar el costo-beneficio
2000	Miyake	Tres factores independientes	Población normal de 18 a 25 años Análisis factorial confirmatorio Modelo de ecuaciones estructurales	Dentro de las FE es posible identificar 3 factores independientes pero correlacionados
2001	Anderson	Tres factores independientes	Población normal de 11 a 17 años Análisis de componentes principales con rotación Varimax	Dentro de las FE es posible identificar 5 factores independientes pero correlacionados
2002	Anderson	Control atencional Flexibilidad cognitiva Establecimiento de metas	Evaluación en diferentes etapas del desarrollo (infancia tardía y adolescencia)	Patrones diferentes entre los 7 y 17 años

(continúa)

Cuadro 1-1. Aproximaciones al estudio de las funciones ejecutivas (continuación)

Año	Autor	Propuestas	Aproximación	Hallazgos
2003	De Luca, Wood, Anderson, Buchanan, Proffitt, <i>et al.</i>	Flexibilidad mental Planeación	Evaluación en diferentes etapas del desarrollo (infancia tardía a la vejez)	Patrones diferentes entre los 8 y 64 años
2004	Brocky & Bohlin	Inhibición Velocidad de procesamiento, memoria de trabajo	Evaluación en diferentes etapas del desarrollo (infancia)	3 periodos de maduración, a los 3, 9 y 14 años
2004	Gestard, Jegard & Diamond	Procesamiento de riesgo-beneficio	Evaluación en la infancia temprana e intermedia	Incremento continuo

gen (Baddeley, 1990, 1996, 2003; Damasio, 1994; Damasio, Grabowsky, Frank, Galaburda & Damasio, 1998; Norman & Shallice, 1986) o técnicas estadísticas para su sustento (Davidson, Amso, Crues & Diamond, 2006; Miyake, Friedamn, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000), así como los que se interesan por su estudio en diferentes etapas del desarrollo (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa, 2001; Miyake *et al.*, 2000).

Durante varias décadas, las investigaciones en pacientes adultos con daño en LF han comunicado deficiencias en la regulación de la cognición, la emoción y el comportamiento (Feuchtwanger, 1923; Goldstein, 1944; Harlow, 1848).

Como resultado de estas primeras aproximaciones neuropsicológicas, y tras la descripción de una gran cantidad de personas con lesiones cerebrales, otros investigadores postularon que la corteza prefrontal (CPF) es fundamental para la integración de procesos como planificación, organización y regulación de la cognición y el comportamiento (Lezak, 1982; Luria, 1966). Los estudios de neuroimagen funcional (Baddeley, 2002; Damasio, 2002) apoyan esta descripción funcional de la CPF.

La relación de la afección frontal y la institución de técnicas de neuroimagen vinculó la actividad de los LF (en especial su porción prefrontal) con el funcionamiento ejecutivo, incluso si se consideran indistintos ambos términos (aunque no lo sean). La existencia de dificultades similares a las observadas en pacientes con alteraciones en los lóbulos frontales, que se ha informado en sujetos con alteraciones en otras regiones como los ganglios basales y el tálamo, favorece la concepción de que las FE no son sólo dependientes del LF (Sandson, Daffer, Carvalho & Mesulam, 1991), pero sin duda alguna los LF juegan un papel clave en la integración de las FE y en ellas también participan otras áreas cerebrales.

Lóbulos frontales

Los lóbulos frontales (LF) son las regiones más evolucionadas del sistema nervioso central (SNC), tanto en la escala filogenética como en la ontogenética. En la especie humana ocupan la mayor porción (30% de la corteza cerebral) y son la última región en concluir su desarrollo, incluso hasta la tercera década de la vida (Fuster, 2002).



Figura 1-2. Representación anatómica de los lóbulos frontales.

Se encuentran en la parte central y más anterior del cerebro (figura 1-2), por delante de la cisura de Rolando y por arriba de la cisura de Silvio (Fuster, 2002; Goldberg, 2002; Miller, 2007).

En términos anatómicos y funcionales, los LF se dividen en cuatro regiones (figura 1-3): corteza motora, corteza premotora, cíngulo anterior y corteza prefrontal; esta última es la de mayor tamaño y relevancia en la integración de las FE (Fuster, 2002; Miller, 2007).

Corteza prefrontal

La corteza prefrontal (CPF) se localiza en las áreas más anteriores y rostrales del cerebro, anterior a la corteza motora y premotora del LF. Se divide en tres regiones principales: orbitofrontal, dorsolateral y medial (figura 1-4; Fuster, 2002).

Corteza orbitofrontal (COF). Se halla en la base de los LF, en un punto superior a las órbitas oculares. Recibe información del sistema límbico y olfatorio (Fuster, 2002; Flores,

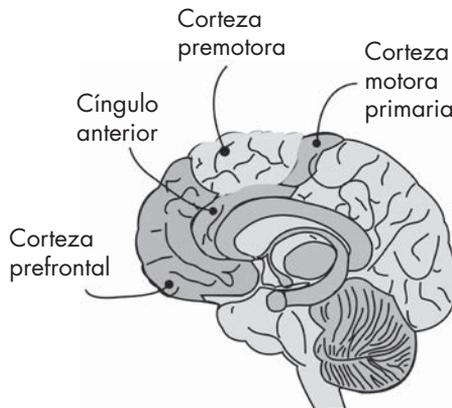


Figura 1-3. División anatómica de los lóbulos frontales.

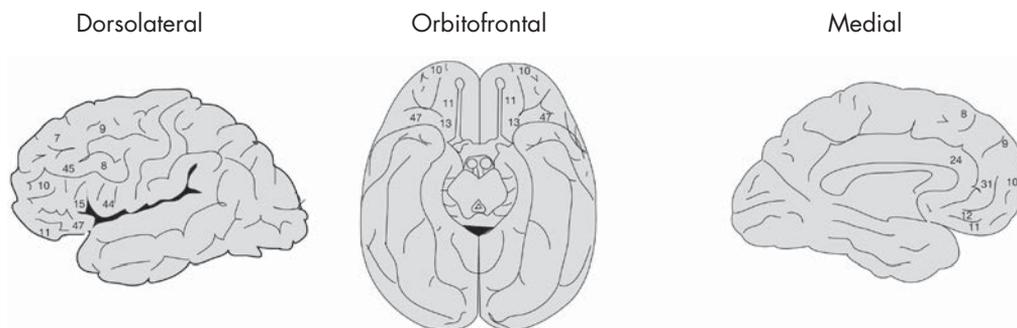


Figura 1-4. División anatómica de la corteza prefrontal y su localización de acuerdo con el mapa citoestructural de Brodmann.

2006) y participa en la regulación de la emociones y las conductas afectivas, toma de decisiones y conducta social (Damasio, 1996).

Corteza prefrontal medial (CPFM). La CPFM se localiza en la región medial de los LF, en la mitad anterior del cíngulo, por lo que en ocasiones se la conoce también como área del cíngulo e incluye regiones de las cortezas premotora, prefrontal (medial) y del sistema límbico; se relaciona con procesos de inhibición, detección, solución de conflictos, regulación de la agresión y los estados motivacionales, así como el esfuerzo atencional (Fuster, 2002).

Corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL). La CPF DL está ubicada en la porción más anterior de la CPF, es la estructura más compleja y desarrollada en seres humanos y se relaciona con funciones de alto nivel y los procesos cognitivos más complejos, como planeación, abstracción, memoria de trabajo, solución de problemas complejos, lenguaje, atención, así como el monitoreo y la manipulación de la actividad (Fuster, 2002; Stuss & Levine, 2002).

Las tres regiones prefrontales se conectan entre sí y con otras regiones corticales y subcorticales (Fuster, 2002). Esta conectividad singular hace a la CPF apropiada para coordinar e integrar el trabajo de todas las demás estructuras cerebrales (Goldberg, 2002).

Conectividad de la CPF

Como ya se ha descrito, la CPF es una serie de regiones corticales interconectadas, áreas que emiten y reciben proyecciones de sistemas corticales sensoriales, motores y muchas estructuras subcorticales (Miller, 2001). Se han identificado al menos cinco circuitos frontosubcorticales (figura 1-5; Masterman & Cummings, 1997):

Motor. Se origina en el área motora suplementaria y las cortezas motora primaria, premotora y somatosensorial; se proyecta en especial al putamen, que a su vez lo hace a regiones ventrolaterales del globo pálido y finalmente a la sustancia *nigra*.

Oculomotor. Parte de los campos oculares y se conecta con regiones posteriores de la corteza parietal, así como con el núcleo caudado, la región dorsomedial del globo pálido y la región ventrolateral de la sustancia *nigra*, además de las porciones dorsales del tálamo.

Dorsolateral prefrontal. Mantiene proyecciones desde las CPF DL hasta los ganglios de la base, en particular el núcleo caudado que también recibe información de la corteza

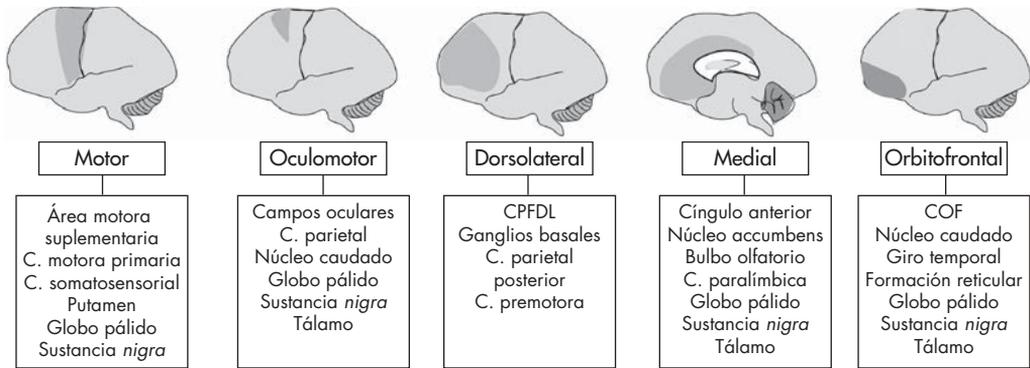


Figura 1-5. Representación esquemática de los cinco circuitos frontosubcorticales propuestos por Masterman y Cummings (1997).

parietal posterior y el área promotora; con posterioridad se proyecta hacia el globo pálido y la sustancia *nigra* y se continúa al núcleo anterior del tálamo.

Orbitofrontal. Se proyecta a partir de regiones orbitofrontales de la CPF (sobre todo ventrales anteriores y laterales inferiores) hasta el núcleo caudado que a su vez recibe información del giro temporal superior e inferior, así como de la formación reticular; se continúa hasta el globo pálido y la sustancia *nigra* y hacia los núcleos anteriores y dorsales del tálamo.

Medial. Se halla entre la región del cíngulo anterior y el núcleo *accumbens* y el bulbo olfatorio, que recibe información de la corteza paralímbica (amígdala, hipocampo inferior y corteza entorrinal); se continúa al globo pálido y la sustancia *nigra* rostródorsal y luego al núcleo medial del tálamo, hasta volver posteriormente al cíngulo anterior.

De manera general, los últimos tres circuitos se han descrito como esenciales para la integración de las FE; asimismo, se ha reconocido que cada circuito posee un sistema específico de neurotransmisión que posibilita su actividad específica (Masterman & Cummings, 1997).

Neurotransmisión de la corteza prefrontal

La CPF es muy sensible al ambiente neuroquímico pues recibe entradas ascendentes de los principales sistemas de neurotransmisión y es la primera región donde se proyectan los sistemas catecolaminérgicos y colinérgicos, como la dopamina desde el área ventral tegmental, la noradrenalina desde el *locus coeruleus* y la acetilcolina desde el núcleo basal de *Meynert* y tallo cerebral, además de las proyecciones del sistema serotoninérgico que inician en los núcleos del rafe dorsal y medial (figura 1-6; Arnsten & Robbins, 2002).

De forma específica se ha identificado que cada circuito es más susceptible a sistemas de neurotransmisión particulares (Chambers *et al.*, 2003; Masterman & Cummings, 1997):

- El circuito dorsolateral prefrontal a la innervación dopaminérgica que se relaciona con procesos de memoria de trabajo y flexibilidad mental.
- El circuito orbitofrontal a proyecciones serotoninérgicas y dopaminérgicas, las primeras relacionadas con la regulación de la conducta social, agresividad e inhibición, y las segundas con la motivación, las recompensas y la sensibilidad a reforzadores ambientales.
- El circuito medial a sistemas noradrenérgicos, vinculados con la activación y la motivación.

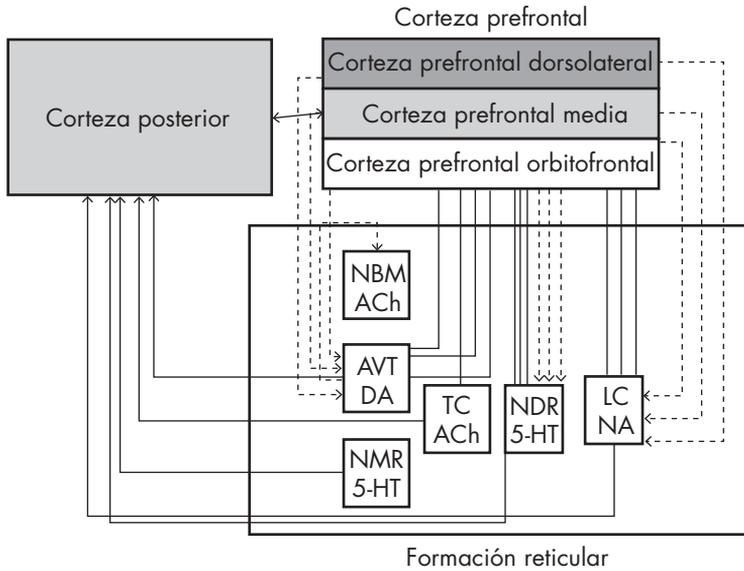


Figura 1-6. Representación esquemática de los sistemas de neurotransmisión de la CPF. LC, *locus coeruleus*; NDR, núcleo dorsal del rafe; TC, tallo cerebral; NMR, núcleo medial del rafe; AVT, área ventral tegmental; NBM, núcleo basal de Meynert. Las líneas punteadas representan las proyecciones de la CPF. Las líneas continuas simbolizan las proyecciones de la CPF.

El análisis de dichos sistemas de neurotransmisión ha hecho posible distinguir que algunos neurotransmisores muestran asimetría hemisférica (Goldberg, 2002).

Diferencias hemisféricas

Dentro de las diferencias hemisféricas relacionadas con neurotransmisión se ha descrito que las vías dopaminérgicas tienden a ser más dominantes en el hemisferio izquierdo y las vías noradrenérgicas en el derecho. Esto se relaciona a su vez con una mayor incidencia del hemisferio derecho ante situaciones novedosas y del hemisferio izquierdo frente a entornos familiares (Goldberg, 2002).

En términos anatómicos se reconoce que la CPF derecha es más gruesa que la izquierda y que, desde el punto de vista funcional, cada hemisferio se especializa en la realización de aspectos cognitivos particulares.

La CPF derecha interviene más en la construcción y diseño de objetos y figuras, memoria de trabajo para material visual, memoria episódica, autoconciencia y conducta social; por su parte, la CPF izquierda tiene mayor participación en procesos de planeación secuencial, flexibilidad mental, fluidez verbal y memoria de trabajo para material auditivo-verbal (Goldberg, 2002).

No obstante, es preciso tener en cuenta las diferencias anatómicas y funcionales entre ambos hemisferios (asimetría cerebral). También es necesario reconocer un enfoque dinámico de la actividad hemisférica y concebir la relación entre los dos hemisferios como “dinámica”, caracterizada por el desplazamiento gradual del hemisferio derecho al iz-

quierdo, y considerar que los procesos cognitivos resultan de la interacción de ambos hemisferios (Goldberg, 2002). La asimetría cerebral descrita puede afectarse por diferentes variables, entre ellas el sexo.

Diferencias sexuales

Hoy en día se sabe que el cerebro de mujeres y hombres es distinto en los planos fisiológico y funcional. Las principales diferencias sexuales relacionadas con la CPF tienen una naturaleza hormonal, ya que se han descrito variaciones de sus concentraciones; es el caso de los receptores a estrógenos, que están distribuidos de modo simétrico en los cerebros de las mujeres y asimétrico en los varones. En los primeros años de vida, los estrógenos activan en las mujeres las áreas que intervienen en el desarrollo de la atención y el procesamiento emocional; en cambio, la testosterona hace al varón menos sensible al reconocimiento emocional (Goldberg, 2002).

Se ha notificado que las mujeres son más expresivas y experimentan emociones con mayor intensidad que los hombres, además de que aquéllas presentan una mayor respuesta fisiológica ante estímulos emocionales que éstos (Kring & Gordon, 2008; Groosman & Wood, 1993). Los estudios de neuroimagen han identificado que el procesamiento emocional es diferente en hombres y mujeres. Mientras que en las segundas se observa una mayor activación en el cíngulo anterior, tálamo, cerebro medio y cerebelo, en los primeros es mayor en las cortezas frontal izquierda y posterior (Wager, Luan, Liberzon & Taylor, 2003); algunos autores sugieren que estas diferencias podrían deberse a que las mujeres conceden mayor atención a las características afectivas de los estímulos y los hombres a los aspectos sensoriales.

También se ha identificado que las diferencias hormonales inciden en los procesos cognitivos y provocan diferencias cognitivas entre unos y otros. En general, los hombres muestran una ejecución ventajosa sobre la de las mujeres en capacidades visoespaciales y razonamiento matemático. Las mujeres registran mayores puntuaciones en habilidades verbales y motricidad fina (Kimura, 2004). En cuanto al procesamiento de riesgo-beneficio, se ha observado que los hombres basan su elección en el contexto, en tanto que las mujeres son más dependientes de la experiencia (Goldberg, 2002).

Los hallazgos relacionados con la descripción diferencial, anatómica, neuroquímica y sexual de la CPF, así como su nexa con distintos desempeños cognitivos, han suscitado en diversos autores la interrogante acerca de si estas divergencias son consistentes en distintas etapas del desarrollo y en su abordaje empírico.

Capítulo 2

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas

Desarrollo neuropsicológico

El desarrollo neuropsicológico hace referencia a los cambios o la estabilidad en las capacidades cognitivas (Anderson *et al.*, 2001), por ejemplo atención, memoria, control motor, lenguaje y FE, capacidades en las que es indispensable el desarrollo del SNC.

Como se ha indicado ya, la neuropsicología del desarrollo tiene como objetivo establecer la relación entre la evolución de una función cognitiva y su correspondiente criterio de maduración cerebral (Anderson, 2001).

La maduración cerebral depende de diversos mecanismos celulares, tanto progresivos como regresivos. Dentro de los fenómenos progresivos se incluyen la proliferación, migración, diferenciación, crecimiento (axonal y dendrítico), sinaptogénesis y mielinización. En los fenómenos regresivos deben considerarse la muerte neuronal (apoptosis) y la poda sináptica. La proliferación es la producción de células nerviosas y la migración se refiere a los mecanismos a través de los cuales las neuronas alcanzan el sitio que les corresponde; una vez que llegan a sus destinos, las células comienzan a adquirir una “diferenciación” distintiva y con posterioridad tiene lugar una sobreproducción de neuronas, que requiere a continuación un mecanismo crucial en el desarrollo: “la muerte celular” (apoptosis). Después inicia el crecimiento axonal, es decir, los axones reconocen su vía de desarrollo como resultado de afinidad química entre las terminales axonales y la neurona objetivo. El crecimiento dendrítico ocurre a un ritmo menor al observado en el crecimiento axonal y por lo general comienza cuando las células nerviosas alcanzan su ubicación final. La generación de sinapsis (conexión entre neuronas) o “sinaptogénesis” sugiere una relación inversa entre la densidad sináptica y las habilidades cognitivas, es decir, la reducción del número de sinapsis se relaciona con la eficiencia y depuración de las funciones cognitivas. Por último, el proceso de mielinización (los axones son revestimientos de una capa de mielina) favorece una rápida conducción eléctrica (Cassey, Giedd & Thomas, 2000).

A través de los cambios progresivos y regresivos que ocurren durante el desarrollo es posible crear una eficiente red neural de apoyo a las FE. El desarrollo neuropsicológico de las FE es progresivo y la secuencia depende del desarrollo de la CPF (Anderson, 2001).

Desarrollo de la corteza prefrontal

Después del nacimiento, la CPF sufre múltiples cambios; durante el primer año tienen lugar cambios significativos que posibilitan notables avances; otros periodos marcados por cambios en las habilidades relacionadas con las CPF son de los 3 a los 6 años y de los 7 a los 11 (Diamond, 2002).

Entre los fenómenos progresivos se ha descrito que la sustancia gris aumenta gradualmente y alcanza el punto máximo alrededor de los 12 años y luego disminuye de manera paulatina (Sowell, Thompson, Leonard, Welcome, Kan & Toga; 2004).

El proceso de mielinización no deja de aumentar durante la infancia y adolescencia y continúa su desarrollo incluso hasta la tercera década de vida (Casey, Giedd & Thomas, 2000). La mielinización es un factor de gran importancia en el desarrollo de las FE, dado que estos procesos no dependen tan sólo de la maduración de la CPF, sino de la mayor eficacia en sus conexiones aferentes y eferentes con otras regiones corticales y subcorticales (Paus, Collins, Evans, Leonard, Pike *et al.*, 2001).

Por otro lado, la densidad sináptica consigue su mayor grado entre el primer y segundo años, cuando supera incluso el 50% del nivel adulto, mientras que la diferenciación y la división de la CPF finalizan alrededor de los 4 años (Diamond, 2002).

El metabolismo cerebral es mayor durante etapas tempranas del desarrollo; se ha reconocido que entre los 3 y 9 años llega a ser 2.5 veces mayor que en el cerebro adulto y después de los 10 años comienza su descenso (Chugani, 1998).

Los hallazgos en estudios de neurotransmisión sugieren que los sistemas gabaérgicos, noradrenérgicos y serotoninérgicos terminan de madurar antes que los sistemas dopaminérgicos y colinérgicos (Chambers *et al.*, 2003).

En un protocolo reciente, que tuvo como objetivo reconocer las trayectorias de desarrollo de la corteza cerebral, mediante un estudio longitudinal-transversal y el uso de 764 resonancias magnéticas ($n = 375$), niños y adultos (3 a 32 años), con desarrollo típico ($IQ = 115$), se reconoció una evolución máxima de la CPF, primero en regiones orbitofrontales, luego mediales y más tarde laterales (Shaw, Kabani & Lerch *et al.*, 2008).

Ya se ha descrito que durante el desarrollo cerebral temprano se presenta un número exacerbado de conexiones sinápticas, en comparación con las descritas en la edad adulta (**inervación polineural**). Sin embargo, no todas ellas son eficientes, por lo que es necesaria la eliminación de las menos eficientes (**poda sináptica**) dentro de los procesos regresivos en la CPF.

La CPF muestra un proceso continuo de poda hasta los 16 años (Huttenlocher, 1994). La densidad neuronal y sináptica experimenta una disminución significativa a los 2 y los 7 años, pero incluso a los 11 años ambas se presentan por arriba del nivel del adulto (Huttenlocher, 1979). Se ha descrito que los procesos regresivos también son fundamentales en el desarrollo de habilidades cognitivas y se ha mostrado una amplia relación entre la poda sináptica y una mejor ejecución en tareas cognitivas entre los 7 y 16 años (Sowell, Delis, Stiles & Jernigan, 2001).

Hallazgos descritos con anterioridad en el desarrollo y maduración de la CPF, en los que se reconocía cierta similitud cerebral entre la infancia tardía y adolescencia y las ca-

racterísticas cerebrales de la etapa adulta, suscitaron el interés por describir en qué edades se conseguía el desempeño ejecutivo adulto (Anderson, 2001, 2002; Brocky & Bohlin, 2004; De Luca, Wood, Anderson, Buchanan, Proffitt *et al.*, 2003; Flores, 2007).

Anderson (2001) evaluó el desarrollo de las FE en niños y adolescentes de 7 a 17 años de edad e indicó que los desempeños máximos para la flexibilidad mental se alcanzan a los 12 años y la planeación secuencial a los 15 años, además de que el ritmo de desarrollo de las FE en estas edades es casi plano.

Un año más tarde, Anderson (2002) señaló que el control atencional emerge en la infancia temprana y se desarrolla con rapidez. En contraste con la flexibilidad cognitiva, las tareas dirigidas a un objetivo se desarrollan en el periodo crítico de 7 a 9 años de edad y terminan por madurar casi a los 12 años; éste es un periodo transicional que sucede al inicio de la adolescencia y permite de forma gradual que surja el control ejecutivo.

Un año más tarde, De Luca y colaboradores (2003) realizaron un estudio que comprendía límites de edad amplios (8 a 64 años) y mostraron que el desempeño "adulto" en tareas de flexibilidad mental se logra a los 12 años y la planeación secuencial a los 15 años.

Por otro lado, Brocky y Bohlin (2004) identificaron tres periodos de maduración (6 a 8, 9 a 12 y 14 a 15 años) y en los que se alcanza el desempeño adulto en los procesos de inhibición, velocidad de procesamiento y memoria de trabajo, respectivamente.

Davidson, Amso, Cruess y Diamond (2006) comunicaron que los procesos inhibitorios consiguen el máximo desarrollo a los 10 años, mientras que los procesos de mantenimiento y manipulación de la información logran su punto máximo a los 13 años.

En México, Flores (2007) informó que las FE que alcanzan su máximo desarrollo en edades tempranas (6 a 8 y 9 a 11 años) dependen de las regiones filogenéticamente más antiguas de la CPF (COF), seguidas por las funciones que dependen de la CPFDL (12 a 15 años); por último, las capacidades que logran su máximo desempeño (16 a 30 años) dependen de las estructuras más recientes de la CPF.

Todas estas investigaciones apuntaban a que el desarrollo de las FE emergía a los 6 años de edad y concluía su maduración alrededor de los 12 años (Anderson, 2001, 2002; Brocky & Bohlin, 2004; De Luca, Wood, Anderson *et al.*, 2003; Flores, 2007). Sin embargo, las evidencias a partir de estudios recientes indican que las FE inician su desarrollo antes de lo previsto (Carlson, 2005; Diamond & Kirkham, 2005; Espy *et al.*, 1999; Huttenlocher & Dabholkar, 1997; Wiebe *et al.*, 2011).

El interés en el estudio de las FE en etapas tempranas hizo evidentes ciertas limitaciones a su estudio (Best & Miller, 2010):

1. Dificultades en la evaluación, ya que en etapas tempranas del desarrollo los niños se caracterizan por una gran variabilidad en la amplitud atencional, competencias lingüísticas y grado de conocimientos (Wiebe *et al.*, 2011).
2. El uso de técnicas de neuroimagen (esenciales para mostrar los cambios cerebrales), ya que en esta edad es difícil que los niños permanezcan inmóviles en el escáner de resonancia magnética (Wood & Smith, 2008).

En las primeras aproximaciones al estudio del desarrollo de las FE en la etapa preescolar se utilizaron instrumentos de evaluación para adultos, bajo la presuposición de que medían habilidades equivalentes; en la actualidad se sabe que no es apropiado tratar a los niños de

igual manera que a los adultos (Hunter & Donders, 2007). Resultó entonces necesario establecer métodos diferenciados de evaluación (Carlson & Moses, 2001; Diamond, Kirkham & Amso, 2000; Espy, 1997; Espy, Kaufmann, Glisky & McDiarmid, 2001; Hughes, 1998; Hughes & Graham, 2002; Zelazo, Müller, Frye & Marcoitich, 2003) que trataran de reducir la complejidad de las instrucciones, así como la demanda de respuestas verbales (Wiebe *et al.*, 2011). Estos métodos utilizan material familiar para la experiencia diaria de los niños, como crayolas, dulces, colores y animales (Espy *et al.*, 1999; Konchanska, 2000). Muchas de estas tareas simplificadas logran evaluar un componente único de FE y evitan así el problema de las impurezas de las tareas complejas empleadas en adultos que requieren demandas de múltiples componentes (Hughes & Graham, 2002; Miyake *et al.*, 2000).

Pese a las limitaciones en estudios de las FE en etapas tempranas, en fecha reciente el interés se ha desplazado hacia el desarrollo normal del funcionamiento ejecutivo en la edad preescolar (Carlson & Moses, 2001; Diamond, Kirkham & Amso, 2000; Espy, 1997; Espy, Kaufmann, Glisky & Mc Diarmid, 2001; Hughes, 1998, Hughes & Graham, 2002; Zelazo, Müller, Frye & Marcoitich, 2003), lo cual destaca la importancia del estudio en este periodo de la identificación de los inicios de los diversos componente de las FE (Best, 2009).

Capítulo 3

Desarrollo de las funciones ejecutivas en la edad preescolar

*Los niños no son pequeños adultos,
los preescolares no son pequeños niños*
(Espy, 2004)

La edad preescolar es un periodo crítico de transición y de rápidos cambios en capacidades verbales, pensamiento simbólico, mejoras en autorregulación y dirección de objetivos (Carlson, 2005; Espy *et al.*, 1999; Wiebe, Sheffield, Mize, Clarck, Chevalien & Espy, 2011). Es una etapa en la que se adquieren con rapidez competencias ejecutivas, que se relacionan con la maduración de estructuras prefrontales (Diamond & Kirkham, 2005; Huttenlocher & Dabholkar, 1997).

El estudio del desarrollo neuropsicológico de las FE en la edad preescolar se ha centrado en tres objetivos principales (Best, 2009):

- Identificar las trayectorias en el desarrollo de cada componente de las FE, por ejemplo inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad mental, planeación, entre otras.
- Reconocer las FE como un proceso unitario o un conjunto de múltiples procesos.
- Identificar los cambios en el desarrollo de cada componente de FE y las relaciones entre los componentes.

Trayectorias de desarrollo de las funciones ejecutivas

El estudio de las trayectorias del desarrollo en diferentes procesos incluidos en las FE tiene como objetivo identificar los periodos de cambio de los diferentes componentes. A continuación se presentan los hallazgos informados a este respecto en la edad preescolar.

1. Inhibición. Como ya se ha descrito, la inhibición se refiere a la capacidad de suprimir una respuesta dominante; por lo tanto, las tareas para su evaluación consisten en anularla. En adultos, la primera prueba para evaluar esta habilidad fue el **paradigma de Stroop** (Stroop, 1935), que consiste en tres elementos (figura 3-1). El paciente debe primero nombrar las palabras que están escritas; en el segundo elemento, los colores en los que están pintados los cruces; y en el tercero (“interferencia”) se le pide que nombre los colores en el que están pintadas las palabras, es decir, se evalúa la capacidad para no generar respuestas automáticas (leer) y se suprime la interferencia de estímulos habituales (cuando se ven letras, se tiende a leer) en favor de otros estímulos menos comunes (nombrar los colores en el que están pintadas las palabras).

A partir de entonces se ha desarrollado una gran cantidad de versiones del paradigma, que difieren en el material, los elementos o los colores utilizados. Sin embargo, el objetivo del paradigma se mantiene en todas las versiones, incluso en las usadas en la etapa preescolar (cuadro 3-1).

Por ejemplo, en el paradigma de Stroop día-noche (Carlson & Moses, 2001) se le pide al individuo que responda “día” al mostrarle la luna y “noche” al mostrarle el sol; en el paradigma oso-dragón (Reed, Pien, Rothbarth, 1984) se le solicita al niño que realice las actividades que indique el oso, pero no las que señale el dragón; en la tarea puño-dedo (Luria, 1966) se le pide que empuñe la mano cuando el evaluador señale con el dedo y viceversa; o, en las tareas de tipo flancos, que mire en dirección del estímulo medio, como un pez hacia la izquierda, y haga caso omiso de los peces contiguos (figura 3-2; Luna, Garver, Urban, Lazar, y Sweeney, 2004).

Asimismo, se han creado tareas computarizadas (**go/no-go**); en esta clase de tareas se le pide al niño que responda a ciertos estímulos (**go**) presentados en la pantalla y que no lo haga a otros (**no-go**) (Klimkeit, Mattingley, Sheppard, Farrow & Bradshaw, 2011); éstas han

ROJO	XXXX	ROJO
VERDE	XXXX	VERDE
AZUL	XXXX	AZUL

Figura 3-1. Muestra del paradigma de Stroop. Primera fila, elemento uno; segunda y tercera filas, elementos 2 y 3.

Cuadro 3-1. Tareas desarrolladas para la evaluación de inhibición en preescolares

Día – Noche (Carlson & Moses, 2001)
Pasto – Nieve (Carlson & Moses, 2001)
Oso – Dragón
Ángel – Diablo (Kochanska <i>et al.</i> , 1996)
Peces (Luna <i>et al.</i> , 2004)
Puño – Dedo (Luria, 1966)
Estatua (Klenberg, 2001)

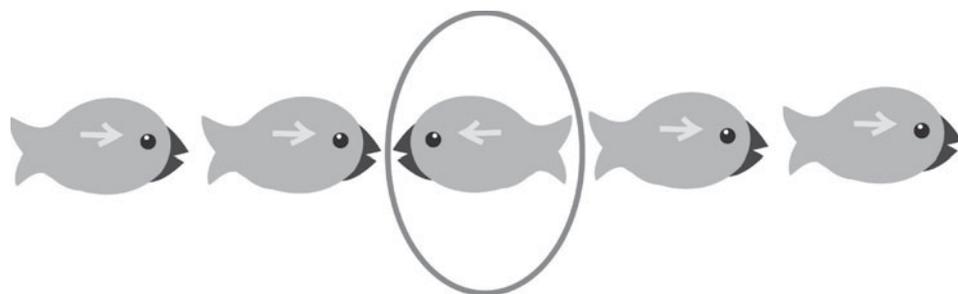


Figura 3-2. Ejemplo de la tarea de tipo flanco que propusieron Luna y colaboradores (2004).

resultado particularmente sensibles en la detección de mejorías en la inhibición en la niñez tardía y la adolescencia, debido a que presentan numerosos elementos y son capaces de cuantificar variables de comportamiento, como el tiempo de reacción, con mucha precisión.

En la etapa preescolar se reconocen mejorías rápidas en las tareas de inhibición (cuadro 3-2), en las cuales los niños muestran mejorías lineales y reducen en grado significativo el número de errores durante el progreso de la edad (Carlson & Moses, 2001; Flynn, Malley & Word, 2004); algunos estudios sugieren que los cambios más significativos en este periodo suceden entre los 3 y 4 años (Sabbagh, Xu, Carlson, Moisés & Lee, 2006) y dichos logros permanecen estables hasta los 6 años, mientras que otros apoyan la idea de que los cambios más significativos ocurren entre los 4 y 5 años de edad (Gestard, Joo Hong & Diamond, 2004; Carlson & Wang, 2007).

Las mejorías en procesos de inhibición se han relacionado con la maduración de regiones de la CPF mediante técnicas de neuroimagen (Cassey *et al.*, 1997; Durston *et al.*, 2006) y técnicas EEG (Lamm, Zelazo & Lewis, 2006; Rueda, Posner, Rothbarth & Davis, 2004).

Rueda y colaboradores (2004), a partir de la aplicación de una tarea de flancos y EEG, compararon la ejecución de niños de 4 años, respecto de un grupo de adultos, y reconocieron diferencias entre los dos grupos en tiempos de reacción, amplitud y latencia de los componentes frontales, que se caracterizaron por ser menores en la población adulta, lo cual sugiere una mayor especificidad en la comunicación neuronal.

Del mismo modo, Lamm y colaboradores (2006), con el uso de EEG, encontraron una disminución de la amplitud frontal del **componente N200** en una tarea de inhibición (*go/no-go*) en adultos; esto señala que tal reducción delinea un aumento de la eficiencia neural y puede deberse a procesos regresivos de desarrollo, como la poda sináptica.

Los hallazgos en neuroimagen indican que los niños presentan un patrón de activación difusa. Por ejemplo, Durston y colaboradores (2006), con base en tareas de inhibición (*go/no-go*) y una técnica de RMf, comunicaron que los niños muestran una activación difusa de las regiones ventral y dorsal bilateral de la CPF y la corteza parietal, mientras que en adultos el patrón de activación ocurre sólo en la CPF ventral. Con el mismo paradigma y la misma técnica de neuroimagen, Cassey y colaboradores (1997) reconocieron un patrón de activación similar en la CPF en las pruebas *no-go*, en niños y en adultos, aunque el patrón de activación fue significativamente más alto en los niños.

Estos hallazgos sugieren que las mejorías en los procesos de inhibición durante la infancia se relacionan con una mayor especificidad en la conectividad de las regiones frontales, en particular en la región ventral de la COF.

Cuadro 3-2. Hallazgos en el desarrollo de la inhibición en la edad preescolar

Año	Autor	Método	Resultados	Conclusiones
2001	Carlson & Moses	107 niños (3 a 4 años) Stroop "día-noche" Stroop "pasto-nieve" Stroop "oso-dragón" Conflicto espacial	Se observaron diferencias significativas en las tareas día-noche y oso-dragón, en la que se advierte un aumento del porcentaje de respuestas correctas de los 3 a los 4 años	Estos aumentos se relacionan con los incrementos de procesos de inhibición y memoria de trabajo, necesarios para inhibir la respuesta dominante y mantener la instrucción mentalmente
2001	Klenberg, Korkman & Latí	400 niños (3 a 12 años) Estatua	Aumento lineal de los 3 a los 7 años y la ejecución es estable de los 7 a los 12 años	El desarrollo de las FE sigue un proceso jerárquico y la inhibición es la primera en desarrollarse
2004	Flynn, Malley & Wood	21 niños (3 años) Luria "puño-dedo"	A los 3 años muestran dificultades en inhibir respuestas motoras automáticas; mejoran antes en tareas de inhibición que en las de mentalización	El desarrollo de procesos de inhibición precede al desarrollo de procesos como la mentalización
2004	Gestard, Joo Hong & Diamond	160 niños (3.5 a 7 años) Stroop "día-noche"	No se reconocieron cambios de los 3.5 años a los 4, pero sí cambios lineales de los 4.5 a los 6, que permanecen estables hasta los 7 años	La estabilidad entre los 3 y 4 años en la ejecución de la tarea día-noche se relaciona con la dificultad para mantener la instrucción e inhibir respuestas automáticas
2007	Carlson & Wang	53 niños (4 a 6 años) Simón dice Juguete prohibido	Aumento lineal de los 4 a los 5 años, y permanecen estables de los 5 a los 6 años	El aumento del control inhibitorio se relaciona con las mejorías en la regulación emocional (activación autónoma)

Otros especialistas, si bien reconocen mejorías en los procesos de inhibición durante los años preescolares, describen que la mejoría más notable se observa entre los 5 y 8 años de edad (Romine & Reynolds, 2005; Rueda *et al.*, 2004), y los cambios de esta etapa hasta la adolescencia se distinguen por mejorías en la velocidad y precisión.

2. Memoria de trabajo. Baddeley (1996) propuso que la memoria de trabajo implica la capacidad de mantener y manipular la información por periodos breves, a partir de tres componentes principales: un supervisor central que selecciona y coordina la información procedente de al menos dos sistemas que permiten mantener la información visual y auditiva, el bucle fonológico y el bucle visoespacial, respectivamente. En fecha reciente se

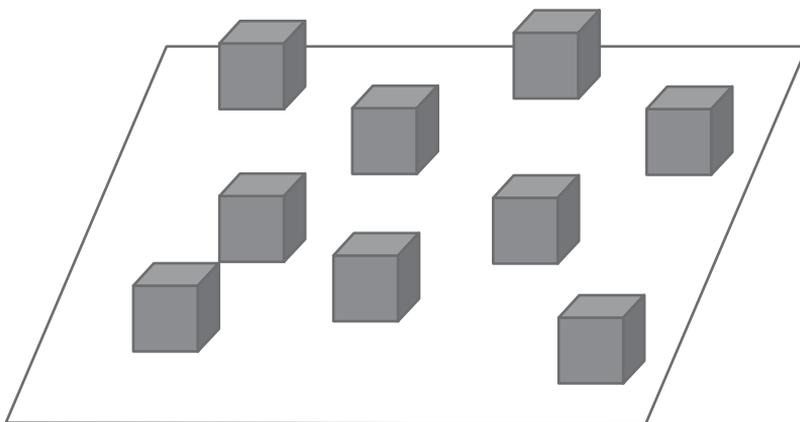


Figura 3-3. Representación de la tarea de cubos en regresión.

añadió al modelo descrito otro elemento: el bucle episódico (Baddeley, 2003), que integra y mantiene secuencias episódicas.

Para su evaluación, tanto en la población adulta como en la preescolar, las tareas consisten en mantener y manipular cierta información (verbal o visual) por un periodo corto, como en las tareas “cubos en regresión” (Corsi, 1972). Para este fin se solicita al niño que señale una serie de cubos en orden inverso al que los señaló el experimentador; o bien, en la tarea “dígitos en regresión” (Koss, 1992), se le pide al niño que repita en orden inverso los dígitos mencionados por el experimentador (figura 3-3).

En fechas recientes se han ideado formas computacionales como la tarea de “puntos” (*dots*; Davidson, Amsoa, Cruess & Diamond, 2006). La tarea de puntos (figura 3-4) consiste en la presentación de puntos de dos tipos (con rayas o sólidos), a los que el niño tiene que responder, en el caso de los puntos de rayas en el mismo lado de aparición, en

Condición congruente	Condición incongruente
 +	 +
Presionar izquierda	Presionar derecha
+ 	+ 
Presionar derecha	Presionar izquierda

Figura 3-4. Tarea de puntos. En la condición congruente, la respuesta correcta es presionar en el mismo punto donde aparece el punto (sólido). En la condición incongruente, la respuesta acertada es presionar al lado opuesto donde aparece el punto (a rayas).

tanto que para los puntos sólidos debe responder del otro lado del punto que apareció. Esta prueba se diseñó para evaluar tanto la memoria de trabajo como la inhibición; la memoria de trabajo es necesaria en todas las pruebas de puntos para recordar las reglas (responder en el mismo lado o el opuesto al punto) y la inhibición se requiere en las pruebas incongruentes para inhibir la respuesta preponderante para responder en el mismo lado que el estímulo visual.

Los primeros datos sobre el desarrollo de la memoria de trabajo en la etapa preescolar proponían un desempeño estático (Luciana & Nelson, 1998). Investigaciones más recientes (cuadro 3-3) reconocen un aumento lineal de la memoria de trabajo en la edad preescolar (Carlson *et al.*, 2005; Davidson *et al.*, 2006).

Los estudios de neuroimagen también describen cambios continuos en la actividad cerebral relacionada con los procesos de memoria de trabajo (Scherf, Sweeney & Luna, 2006).

Por ejemplo, Scherf y colaboradores (2006) encontraron que los niños de 8 años muestran un patrón de activación cualitativamente diferente al de los adultos de 47 años. Los niños tuvieron activación en las regiones ventrolaterales de la CPF, corteza premotora, cerebelo, tálamo y ganglios basales; durante la adolescencia, el patrón de actividad acusa

Cuadro 3-3. Hallazgos en el desarrollo de la memoria de trabajo en la edad preescolar

Año	Autor	Método	Resultados	Conclusiones
1998	Luciana & Nelson	181 niños (4 a 8 años) 24 adultos Cubos de Corsi (regresión)	Los niños menores de 7 años tienen una peor ejecución que los mayores de 7 años. Los niños en edad preescolar pueden mantener y manipular sólo un par de estímulos al mismo tiempo	Los niños de 4 años son menos eficientes en memoria de trabajo que los mayores de 6 años, lo que sugiere que los circuitos corticales-subcorticales no están aún bien organizados
2005	Carlson, Davidson & Leach	101 niños (3 a 4 años) Dígitos en regresión	Mejor ejecución con el progreso de la edad, a los 3 años sólo el 9% puede repetir hasta tres dígitos en orden inverso, mientras que entre los 4 y 5 años el porcentaje asciende del 37 al 69%, respectivamente	Sugiere un gradiente de representación que corresponde a un mayor control de pensamiento y acción
2006	Davidson, Amso, Anderson & Diamond	325 niños (4 a 13 años) Tarea de puntos	Los niños de 4 años cometen más errores que los niños de 6 años A los 6 años, los niños muestran incrementos en la velocidad de respuesta	Esta tarea requiere integrar la apariencia del estímulo y la instrucción y los menores de 6 años muestran dificultades en esta retroalimentación
2010	Penequin, Sorel & Fontaine	44 niños (4 a 7 años) Dígitos en regresión	Incrementos lineales de los 4 a los 5 años	Relacionado con incrementos en inhibición y precursores en habilidades de planeación en la edad adulta

un sólido aumento de la CPFDL derecha y cíngulo anterior, mientras que los adultos señalan un incremento de la activación de la CPFDL derecha y un incremento de cuatro veces de la actividad del cíngulo anterior.

En otro estudio, Nagy, Westerberg y Klingberg (2004) aplicaron la técnica tensor de difusión de imágenes de RM y la anisotropía fraccional calculada (un indicador de la mielinización axonal y el espesor) en niños de 8 a 18 años, junto con la aplicación de una tarea de memoria de trabajo visual y una tarea de lectura. Identificaron que las habilidades de memoria de trabajo se correlacionaron de forma positiva con fracciones de anisotropía en dos regiones del lóbulo frontal izquierdo, incluida una región entre la corteza superior, frontal y parietal. Estos resultados sugieren que la maduración de la materia blanca durante la infancia se relaciona con el desarrollo de determinadas funciones cognitivas e indican una mayor depuración de la red especializada en el mantenimiento de la información de la infancia hasta la etapa adulta.

3. Flexibilidad mental. La flexibilidad mental se refiere a la capacidad para cambiar un patrón de respuesta y adaptarse a nuevas circunstancias, tras detectar que el resultado no es eficiente. Como ya se ha descrito, requiere la inhibición de cierto patrón de respuestas para poder cambiar de estrategia (Robbins, 1998) e implica además la generación y selección de nuevas estrategias de trabajo dentro de las múltiples acciones que existen para desarrollar la tarea (Miller & Cohen, 2001).

La tarea habitual para evaluar procesos de flexibilidad mental en adultos es el *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST; Grant y Berg, 1948), que consiste en la aplicación de 128 tarjetas (figura 3-5) que el sujeto debe clasificar de acuerdo con el criterio que considere apropiado (las posibilidades de clasificación pueden ser color, forma o número), pero ésta debe coincidir con la del evaluador y cambia en el transcurso de la tarea; cuando ambos criterios coinciden no se le menciona nada al evaluado, pero si no lo hacen recibe retroalimentación negativa (incorrecto); una vez que responde acertadamente en 10 pruebas consecutivas, se modifica el criterio de clasificación. En caso de recibir retroalimentación negativa, el evaluado debe cambiar la regla de clasificación.

Para evaluar los procesos de flexibilidad mental en la edad preescolar se han realizado adaptaciones del WCST, como la prueba *Dimensional Change Card Sort* (DCCS; Zelazo,

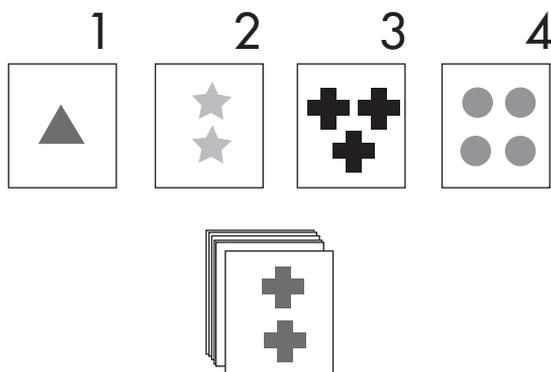


Figura 3-5. *Wisconsin Card Sorting Test*. Los criterios de clasificación correspondientes son: 1 (color), 2 (número), 3 (forma) y 4 (ninguno).

1996) en la que se instruye a los niños para ordenar las tarjetas que varían en dos dimensiones (figura 3-6); primero se les pide clasificar de acuerdo con un criterio (forma) y luego ordenar por otro criterio (color).

Otro parámetro desarrollado es el *Switch Task for Children* (STC; Dibbets & Jolles, 2006), una tarea computarizada en la que se presentan dos personajes, un príncipe y una princesa, y se le pide al niño que ayude a encontrar el tesoro robado. Durante el transcurso de la prueba aparecen una casa de color naranja y otra de color azul (el tesoro está escondido en una de estas casas): el niño debe cambiar la búsqueda del tesoro entre las dos opciones de casas.

Los hallazgos acerca del desarrollo de habilidades de flexibilidad mental sugieren cambios en la edad preescolar (cuadro 3-4). A la edad de 3 años muestran dificultades para cambiar de un criterio a otro, incluso cuando éste lo suministra el evaluador (Diamond, Carlson & Beck, 2005; Zelazo, 1996). Otros autores (Peter & Lang, 2002) reconocen que es posible que los niños logren cambiar de un criterio a otro, siempre y cuando esto no suponga más de un cambio de dimensión.

De los 3 a los 4 años es posible observar un aumento lineal que continúa de los 4 a los 5 años (Carlson & Mose, 2001; Sabbagh, Xu, Carlson, Moses & Lee, 2006). Luciana y Nelson (1998) identificaron un incremento máximo entre los 5 y 6 años. Pese a los cambios observados en estos límites de edad, incluso los niños de 5 a 7 años cometen más errores que los niños de 8 a 13 años.

Mediante técnicas de resonancia magnética funcional se han relacionado las mejoras en la ejecución de tareas de flexibilidad mental con la activación en múltiples regiones de la CPF y otras regiones. Por ejemplo, Rubia y colaboradores (2006) notificaron una mayor activación en las regiones dorsolaterales, corteza parietal y cíngulo anterior; además, advirtieron que dicha activación disminuyó durante la adolescencia, por lo que propusieron que el aumento de la activación de los participantes más jóvenes sugiere que otras regiones pueden ser la base de la capacidad creciente para controlar y cambiar de criterio, si bien con la edad la red neuronal relacionada se torna más específica y eficiente.

4. Planeación. La planeación es la capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr un objetivo (Baker, Rogers & Owen, 2006) y permite formular acciones con anticipación y realizar una tarea de manera organizada, estratégica y eficiente (Anderson, 2002).

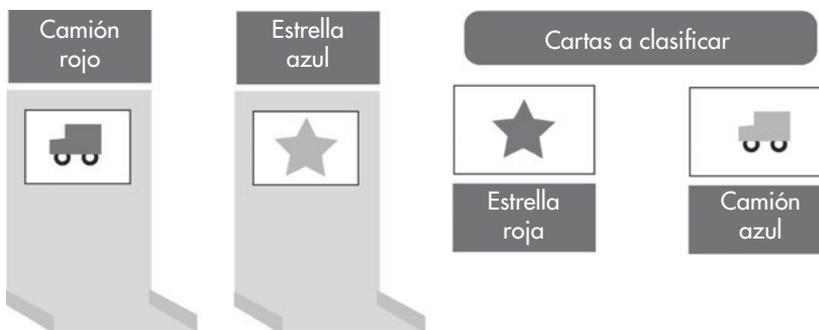


Figura 3-6. *Dimensional Card Sorting Test* para preescolares. Por ejemplo, para clasificar el camión azul por color debe colocarse debajo de la estrella azul y para clasificar por forma debe hacerlo debajo del camión rojo.

Cuadro 3-4. Hallazgos en el desarrollo de la flexibilidad mental en la edad preescolar

Año	Autor	Método	Resultados	Conclusiones
1996	Zelazo	30 niños (3 a 5 años) DCSS	Los niños de 3 años no logran cambiar de un criterio a otro. A los 5 años consiguen cambiar de un criterio a otro	A los 3 años no logran cambiar de un criterio a otro, ya que no consiguen inhibir el criterio previamente aprendido
2001	Carlson & Moses	107 niños (3 a 4 años) DCSS	Se observaron diferencias significativas en el número de cartas correctas que aumentan de los 3 a los 4 años	Estos aumentos se relacionan con los incrementos de procesos de inhibición y memoria de trabajo, necesarios para inhibir la respuesta dominante y mantener la instrucción mentalmente
2004	Renni, Bull & Diamond	30 niños (3 años) DCSS	Los niños de 3 años no logran superar la tarea	Cuando se controla el efecto de procesos de inhibición, su ejecución mejora, es decir, la flexibilidad mental está regulada por aspectos de inhibición
2005	Diamond, Carlson, Beck	57 niños (2.5 a 3.5 años) DCSS	A los 3 años, los niños no logran cambiar de un criterio a otro; continúan clasificando por el criterio aprendido con anterioridad	Los niños de 3 años tienen dificultad para mantener dos criterios de manera simultánea, lo que se relaciona con las dificultades para mantener la información en la mente e inhibir el criterio previamente aprendido, para tener una nueva perspectiva de clasificación
2006	Dibbets y Jolles	292 niños (4.8 a 13 años) STC	Los niños menores de 6 años son capaces de cambiar entre dos tareas y su ejecución mejora con la edad. Los niños de 4.8 a 7 años cometen más errores que los niños de 8.3 a 13 años. Como aumenta la edad, disminuye el número de errores y el tiempo de realización de la tarea	Las dificultades se deben a la imposibilidad de mantener y manipular dos aspectos al mismo tiempo, que a los menores de seis años les resulta insostenible
2008	Müller, Zelazo, Lunue & Liberman	48 niños (3 a 5 años) DCSS	No existen diferencias en la ejecución de la tarea de clasificación entre niños de 3 y 4 años	Los niños de 3 y 4 años no pueden integrar aspectos incompatibles del conocimiento en un sistema más complejo de reducción de reglas por abstracción

Las tareas más frecuentes para su evaluación (figura 3-7) son la torre de Hanoi (TOH) y la torre de Londres (TOL; Shallice, 1982), en la cuales se presenta (tanto a adultos como a niños) una torre de tres postes, con cierto número de fichas (discos de colores o esferas) que se deben mover con el fin de reproducir el modelo solicitado, en el menor número de movimientos y tiempo posible (Baker, Segalowitz & Ferlisi, 2001). La dificultad de la tarea se relaciona con el aumento del número de movimientos necesarios para llegar a la solución en la TOL, o mediante el incremento del número de fichas en la TOH. Otras tareas utilizadas implican la solución de laberintos (laberintos de Porteus; 1913), mediante las cuales es posible evaluar tanto la planeación y la ejecución visoespacial como el respeto de ciertas reglas, por ejemplo no cruzar líneas (Stuss & Levine, 2002).

En la población preescolar se han efectuado adaptaciones de las tareas antes mencionadas. Por ejemplo, la adaptación de la TOH para niños es la **familia de monos**. En esta tarea, en la que los tres postes representaban árboles y los discos a los miembros de una familia de monos, el disco más grande simboliza al padre, el mediano a la madre y el más pequeño al hijo; los niños deben colocar las fichas siguiendo los principios de la versión original. Además, se han ideado nuevos paradigmas para su valoración, como “la carga del camión” y “la entrega de gatitos”; en la primera, se le pide al niño que entregue las invitaciones de una fiesta, para lo cual utiliza el camión y debe planear con base en ciertas reglas: sólo puede tomar la carta que se encuentre en la parte superior y no puede regresar a las casas anteriores. Por su parte, en la entrega de gatitos, el niño debe recoger los gatitos que se hallan en diferentes ubicaciones y entregarlos a su mamá, para lo que debe anticipar y seguir la ruta más corta (Carlson *et al.*, 2004).

Se ha demostrado que la capacidad de planeación sigue un curso prolongado, de tal manera que la eficacia adulta se logra en la infancia tardía o la adolescencia (Anderson *et al.*, 2001). Los hallazgos en la edad preescolar sugieren (cuadro 3-5) un aumento progresivo de la ejecución de las tareas (Atance & Jackson, 1999; Carlson *et al.*, 2004) y que la capacidad de planear de forma efectiva hasta tres movimientos está presente a la mitad de la edad preescolar (Luciana & Nelson, 1998), pero la capacidad de planear objetivos más complejos parece desarrollarse hasta finales de la niñez.

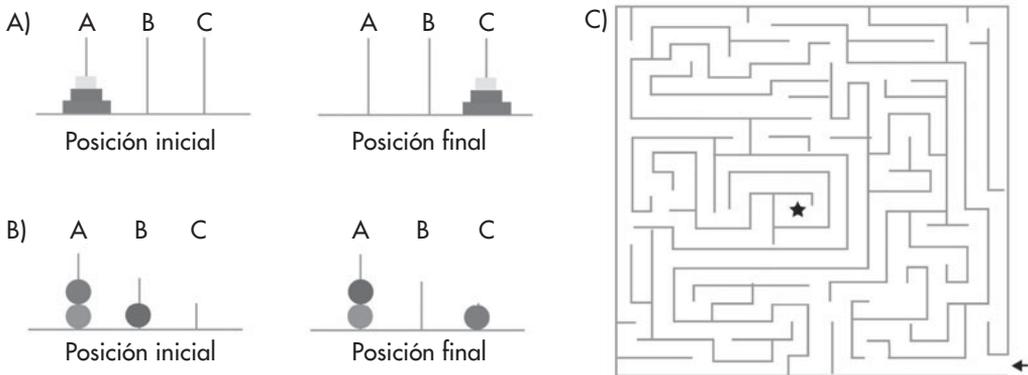


Figura 3-7. Tareas utilizadas para la evaluación de habilidades de planeación. A, torre de Hanoi; B, torre de Londres; C, laberintos.

Cuadro 3-5. Hallazgos en el desarrollo de planeación en la edad preescolar

Año	Autor	Método	Resultados	Conclusiones
1998	Luciana & Nelson	181 niños (4 a 8 años) 24 adultos TOL	En la condición 2 no hubo diferencias entre los niños de 4 a 8 años y entre los 8 años y la edad adulta. En la condición 3, los niños de 4 años realizaron peores ejecuciones que los adultos, pero para las condiciones 4 y 5 la ejecución de los niños fue significativamente peor que la de los adultos	Las dificultades consisten en graves problemas para reflexionar cuando las demandas para planear se incrementan (exigen mayores necesidades de mantener y manipular información (memoria de trabajo)
2004	Carlson <i>et al</i>	49 niños (3 a 4 años) TOH (adaptación de monos) Entrega de camión y carga de gatitos	Mejorías en la ejecución de los 3 a los 4 años, diferencias de edad en la carga del camión y la TOH (se correlacionan de forma significativa), no así en la entrega de gatitos	La ejecución en tareas de planeación se relaciona con las mejorías en la ejecución en tareas de inhibición. La inhibición se afecta de manera significativa en planeación, pero ambos procesos son independientes
2009	Atance & Jackson	72 niños (3 a 5 años) TOH Carga del camión	Aumento progresivo de la ejecución de las tareas	Las mejorías en tareas de planeación requieren incrementos en capacidades de memoria de trabajo e inhibición

En cuanto a los cambios cerebrales relacionados con el desarrollo de habilidades de planeación, Luciana, Schissel, Collins y Lim (2007) encontraron una mejoría en el rendimiento de la TOL durante la adolescencia en relación con aumentos de la organización de la materia blanca en regiones de la CPFDL.

5. Procesamiento del riesgo-beneficio. El procesamiento del riesgo-beneficio se ha descrito como la habilidad para detectar y anticipar elecciones con base en la determinación del riesgo o beneficio (Bechara, 2000; Elliot, Dolan & Fritch, 2000), es decir, es necesario considerar la experiencia, evaluar el contexto actual y formular predicciones (Garon & Moore, 2004).

La evaluación típica en adultos es la que propusieron Bechara y Damasio (2000), *Iowa Gambling Task* (IGT), que implica la presentación de cuatro bloques de cartas (A, B, C, D) y permite obtener recompensas (dinero) inmediatas (figura 3-8).

Para la evaluación en preescolares se han propuesto adaptaciones del IGT, como “el juego de la apuesta” (Kerr & Zelazo, 2004), una tarea que consiste en 50 elementos, presentación de dos bloques de cartas que contienen caritas felices, como recompensas inmediatas (equivalen a dulces), y dos bloques que incluyen caritas tristes como castigos. Las cartas del segundo bloque ofrecen más premios (dulces) pero son desfavorables debido a las pérdidas ocasionales; en cambio, las cartas del primer bloque proporcionan menos premios, pero son favorables debido a que ofrecen pérdidas con menor frecuencia (figura 3-9).

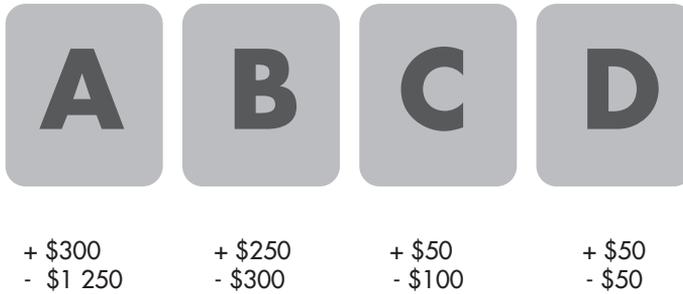


Figura 3-8. *Iowa Gambling Task*. Las cartas A y B permiten ganar cantidades de dinero más altas, pero también suponen la aparición de castigos de manera más frecuente, mientras que las barajas C y D hacen posible obtener menores cantidades de dinero, pero representan castigos menores (perder menos).

Otra tarea es la adaptación que efectuaron Garon y More (2004), en la que se presentan cuatro bloques de cartas: dos bloques ventajosos, que tienen el dibujo de un oso y representan la ganancia de un dulce; y dos bloques desventajosos, que contienen dos osos, equivalentes a la obtención de dos dulces; los castigos se representan con uno o dos tigres (implican la pérdida de dulces); las cartas desventajosas presentan castigos de 6, 7 y 13 tigres, en tanto que las ventajosas sólo 1 tigre.

Otros parámetros utilizados para evaluar el procesamiento riesgo-beneficio son los paradigmas de la “demora de la gratificación” (Mischel, 1974), “demora del regalo” (Carlson *et al.*, 2004) “menos es más” (Carlson *et al.*, 2005) y “regalo inesperado” (Lieberman *et al.*, 2007), que consisten en escoger entre una recompensa pequeña pero inmediata y una recompensa mayor a largo plazo, o bien en señalar una recompensa pequeña (dos dulces) para obtener una recompensa grande (cinco dulces).

Los hallazgos (cuadro 3-6) llevan a considerar que el procesamiento riesgo-beneficio sigue un aumento lineal en la edad preescolar (Atance & Jackson, 2009; Carlson & Moses, 2001; Kerr & Zelazo, 2004; Klenberg, Korkman & Latí, 2001; Liberman *et al.*, 2007; Zelazo

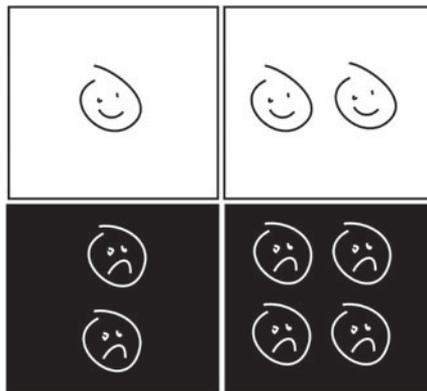


Figura 3-9. El juego de apuesta que propusieron Kerr y Zelazo (2004). El bloque que suministra más recompensas inmediatas (2 dulces) es el que implica castigos con mayor frecuencia y de mayor valor (pérdida de 4, 5 o 6 dulces cada dos elecciones), mientras que las cartas que suministran recompensas menores (1 dulce) representan un castigo menor (un dulce cada cuatro elecciones).

Cuadro 3-6. Hallazgos en el desarrollo del procesamiento de riesgo-beneficio en preescolares

Año	Autor	Método	Resultados	Conclusiones
2001	Carlson & Moses	107 niños (3 a 4 años) Demora del regalo (Gift Delay)	Se observaron diferencias significativas en el número de veces que voltean, que disminuye de los 3 a los 4 años	El control inhibitorio juega un papel esencial en la emergencia de las FE complejas, como el procesamiento de riesgo-beneficio
2004	Garon & More	69 niños (3 a 6 años) Juego de apuesta (osostigres)	No se reconoce un efecto de la edad sobre la elección de cartas. Empero, mediante la aplicación de un cuestionario que permitió evaluar la conciencia de las mejores cartas se reconoció que los niños mayores tenían mayor conciencia al respecto	Estos datos indican que los niños pequeños no han desarrollado el proceso de tomar decisiones a partir de la percepción de costo-beneficio. Incluso en niños mayores hay una falla en el desempeño durante la tarea al elegir más cartas desventajosas, aun cuando pueden señalar verbalmente qué cartas les daban más recompensas a largo plazo
2004	Kerr & Zelazo	48 niños (3 a 4 años) Prueba de juego	Los niños de 4 años cometen más elecciones ventajosas que lo esperado al azar, mientras que los niños de 3 años hacen más elecciones desventajosas que lo esperado para el azar y la diferencia entre ellos es significativa	El procesamiento del riesgo-beneficio es influido por reacciones afectivas, así como por la representación del valor de la recompensa
2007	Liberman <i>et al</i>	67 niños (3 a 5 años) Demora del regalo	Los niños mayores de 4 años toman decisiones más ventajosas que los menores de 4 años	La ejecución de los mayores de 4 años se relaciona con una mejoría en la posibilidad de esperar a futuro
2009	Atance & Jackson	72 niños (3 a 5 años) Demora de la gratificación	Los niños de 3 años prefieren el regalo inmediato (aunque menor) y los de 4 años <i>a posteriori</i> (pero mayor) (aumento significativo)	Mejorías relacionadas con la posibilidad de inhibir y pensar en el futuro, es decir, inhibir las recompensas actuales

et al., 2002). En general, se ha postulado que los niños más pequeños prefieren el regalo inmediato que el grande, *a posteriori*, a diferencia de los mayores de 4 años. Sin embargo, algunas investigaciones no coinciden con estos hallazgos (Garon & More, 2004) y han señalado que no existen diferencias sobre la elección de cartas en estos límites de edad.

La detección de condiciones de riesgo se ha relacionado con la región ventromedial del área orbitofrontal (Bechara, Damasio & Damasio, 2000) y la maduración de esta región

desempeña una función importante en la detección del riesgo a través del desarrollo (Zelazo & Müller, 2002).

Galvan, Hare, Parra, Penn, Voss y colaboradores (2006) encontraron que los niños de 8 años muestran un mayor patrón de activación en la COF en relación con tareas de procesamiento de riesgo-beneficio respecto de adolescentes y adultos.

6. Abstracción. Es la capacidad de analizar la información implícita presentada (Lezak, 2004), mediante el reconocimiento de reglas previamente identificadas. La teoría de control y complejidad cognitiva (Zelazo & Frye, 1998) sugiere progresos en la edad preescolar en habilidades relacionadas con la representación mental de reglas. Bunge y Zelazo (2006) proponen al menos cuatro grados de reglas (cuadro 3-7).

Se ha reconocido que cada grado de reglas representa un patrón de activación diferente de la CPF y su estudio en el desarrollo refleja una diferente tasa de evolución en distintas regiones de la CPF (figura 3-10).

El uso de normas explícitas se desarrolla de manera gradual a lo largo de la infancia (Bunge & Zelazo, 2006). Cuando los niños crecen, suelen ser cada vez más expertos en la utilización de reglas explícitas para resolver problemas. Los hallazgos en el desarrollo indican que los niños adquirieron primero la capacidad de utilizar una sola regla, después la posibilidad de cambiar de forma flexible entre dos normas y luego la posibilidad de cambiar de forma flexible entre dos pares de normas incompatibles (Zelazo, Muller, Frye & Marcovitch, 2003).

Es posible evaluar diferentes grados de abstracción de reglas a través de distintas tareas, por ejemplo mediante la que propuso Diamond (2006) en la que se solicita al niño que “escoja el objeto que no corresponde al otro objeto”; esta tarea permitiría evaluar el primer grado de abstracción a partir de las conexiones físicas entre los elementos. Otras ta-

Cuadro 3-7. Grados de reglas que propusieron Bunge y Zelazo (2006)

Tipo de reglas	Características
Simples o condicionales	Relaciones de estímulo-respuesta (E-R)
Univalentes condicionales	Relaciones lineales de estímulo-respuesta. Ante un estímulo (EX) el sujeto debe manifestar una respuesta determinada (RX). Por ejemplo, frente a un semáforo, ante la luz verde (E1) se debe avanzar (R1)
Bivalentes	Relaciones entre estímulos dependientes del contexto. Según el ejemplo anterior, la regla bivalente consistiría en avanzar ante la luz verde, pero si ocurre un accidente (contexto), aun cuando la regla bivalente se presente, la regla es detenerse
Grado alto	Relaciones entre estímulos dependientes del contexto y la experiencia y la predicción. Según el ejemplo anterior, la regla bivalente establecería seguir ante la luz verde, pero en caso de un accidente (contexto), incluso si se presenta la regla bivalente, la regla indicaría detenerse; además, si de acuerdo con la experiencia propia en una situación similar (propia) ciertas personas auxiliaron en el accidente, la regla de grado alto señalaría detenerse y ofrecer ayuda en caso de haber heridos

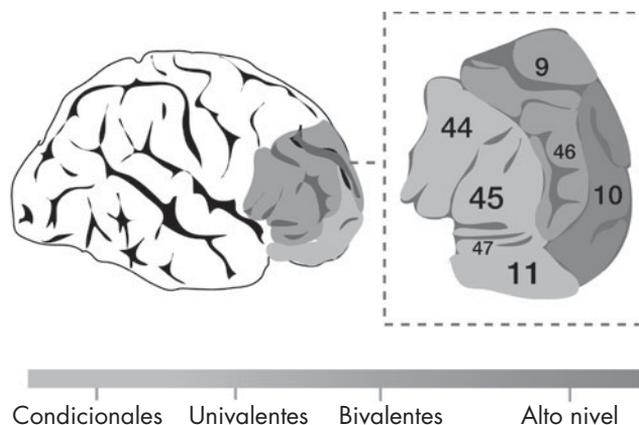


Figura 3-10. Modelo jerárquico de reglas. La COF se ha relacionado con el reconocimiento de reglas simples; la CPF DL (ventral) y la CPF M con reglas condicionales univalentes y bivalentes; y la CPF DL (anterior) con reglas de alto nivel.

reas útiles son las de “figuras incompletas” y “semejanzas” (Weschler, 1981). La primera consiste en la presentación de 20 láminas y se pide señalar el elemento faltante; por su parte, en la tarea de “semejanzas” (Weschler, 1981) se presentan pares de palabras y se solicita que se explique la semejanza entre ellas; ambas tareas hacen posible evaluar la capacidad de abstracción que emerge a partir de la ausencia de conexiones físicas entre los elementos. Para evaluar los grados de tercer y cuarto orden de abstracción serían útiles tareas de tipo WCST y los paradigmas IOWA (Bunge & Zelazo, 2006).

Zelazo y Frye (1998) sugieren que los niños son capaces al crecer de formular y usar reglas más complejas. Mientras que a los 2 años los niños poseen dificultades para mantener una regla arbitraria, a los 3 años pueden representar un par de reglas consecutivas, pero tienen dificultad para pasar de una regla a otra. Un ejemplo de ello es la tarea DCCS (Zelazo, 1998) que requiere mantener uniones bivalentes (conejo rojo y camión azul) y alternar entre éstas (Bunge & Zelazo, 2006). Entre los 4 y 5 años, los niños logran **cambiar entre una regla y otra**, así como representar reglas de alto nivel, por ejemplo **sí- entonces, y entonces logran** (Dibbets & Jolles, 2006); así, pueden referir qué cartas les daban más puntos en el juego de apuesta.

Se ha descrito que las reglas de primer grado se incrementan de forma espectacular durante los 3 primeros años y ello se ha relacionado con los cambios en la COF, en tanto que los aumentos en las reglas segunda y tercera muestran cambios rápidos entre los 2 y 5 años que reflejan la maduración de regiones ventrales de la CPF DL y CPF M (Bunge & Zelazo, 2006).

A los dos años de edad se reconocen dificultades en el empleo de pares de reglas arbitrarias (necesarias para clasificar distintos objetos); a esta edad, los niños perseveran en uno de los criterios de clasificación. A los 3 años de edad logran representar y contrastar pares de reglas, pero acusan dificultades para alternar ambas reglas. Dicha dificultad mejora notablemente entre los 4 y 5 años.

Dichos cambios son efecto del desarrollo y maduración de la CPF; tales regiones quizá intervengan de modo diferencial en la representación de reglas que favorecen la regulación de la conducta.

Estructura de las Funciones Ejecutivas

Como ya se ha descrito, aún en la actualidad no existe una definición consensuada de FE (Senn, Espy & Kauffmann, 2004), pero la mayoría de los autores (Anderson, 2002; Lezak, 1982; Goldberg, 2002; Stuss & Levine, 2002; Zelazo, 2003) incluyen diversos componentes como parte de dicho constructo: memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad mental, planeación, abstracción y procesamiento del riesgo-beneficio.

Funciones Ejecutivas y modelos factoriales

En fecha reciente, las investigaciones se han interesado en evaluar de modo empírico la estructura de las FE, es decir, si los distintos componentes constituyen procesos independientes o si implican un conjunto de procesos interrelacionados (Anderson, Anderson, Notham, Jacobs & Catroppa, 2001; Huiziga, Dolan & Van de Molen, 2006; Miyake, Friedman, Emerson, Witsky, Howerter & Wagert, 2000); para hacerlo utilizan técnicas estadísticas, como el análisis factorial.

El análisis factorial tiene como objetivo reconocer cuál es el número mínimo de variables o dimensiones necesarias para definir una variable compleja. Desde los estudios sobre inteligencia a principios del siglo XX se ha considerado la existencia de conceptos que no se pueden medir de forma directa, sino sólo a través de indicadores de éstos, esto es, a través de variables observables. En consecuencia, se han estudiado conceptos como inteligencia, agresividad, rendimiento escolar y FE.

Existen dos tipos de análisis factoriales: el exploratorio y el confirmatorio. En el análisis “exploratorio” se analiza la forma en que se agrupan las variables en distintos factores (no se fijan las cargas o pesos de las variables), en tanto que en el análisis “confirmatorio”, con base en las evidencias empíricas, es posible establecer variables indicadoras de ciertos factores.

Para evaluar la estructura de las FE, Miyake y colaboradores (2000) probaron la unidad y diversidad de tres procesos postulados con frecuencia como parte de las FE: alternancia, memoria de trabajo e inhibición. Evaluaron a 137 estudiantes universitarios mediante la aplicación de una amplia batería de FE y realizaron un análisis confirmatorio. Sus resultados mostraron que los constructos alternancia, memoria de trabajo e inhibición se correlacionan en grado moderado, pero son independientes, es decir, no son del todo separables (figura 3-11).

Por otro lado, Anderson y colaboradores (2001) estudiaron a 138 participantes de 11 a 17 años mediante múltiples tareas que evalúan las FE. Estos especialistas llevaron a cabo un análisis factorial exploratorio e identificaron cinco factores, correlacionados pero independientes: velocidad de procesamiento, planeación, memoria de trabajo, flexibilidad mental y dirección de objetivos.

Más tarde, Huiziga y colaboradores (2006) analizaron la estructura de las FE a través del desarrollo. Se integró una muestra de 284 participantes divididos en tres grupos (6 a 8, 10 a 16 y 18 a 26 años) con base en tareas que evaluaban los tres componentes propuestos por Miyake y colaboradores (2000): alternancia, memoria de trabajo e inhibición. Además, aplicaron las tareas WCST y TOL. Mediante el análisis factorial confirmatorio fue posible identificar cuatro factores, también independientes pero relacionados (alternancia, memoria de trabajo, inhibición y velocidad).

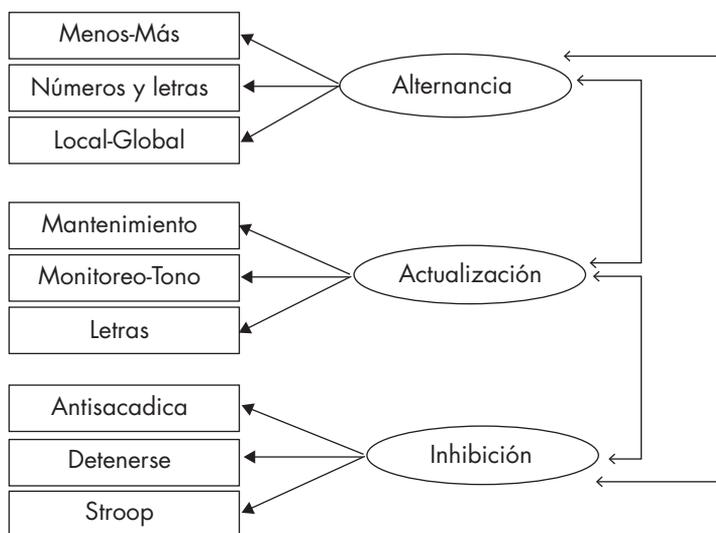


Figura 3-11. Modelo de tres factores que emplea el análisis factorial confirmatorio. (Las elipses representan los tres componentes de FE (variables latentes) y los rectángulos las tareas individuales (variables manifiestas). Las flechas curvas simbolizan la correlación entre las variables).

Dichos hallazgos (Anderson *et al.*, 2000; Huiziniga *et al.*, 2006; Miyake *et al.*, 2000) apoyan el concepto multifactorial de componentes relacionados pero separables. Es importante reconocer que los estudios mencionados incluyen a población adulta (Miyake *et al.*, 2000) o diversos grupos de edad (Anderson *et al.*, 2001; Huiziniga *et al.*, 2006); y, como ya se ha descrito, los modelos explicativos del funcionamiento cognitivo en adultos no pueden extrapolarse a los niños (Espy, 2004; Paterson *et al.*, 2006).

Aproximaciones recientes en niños de edad escolar (Bull & Scerif, 2001; Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006) también sustentan la idea multifactorial de FE (componentes relacionados, pero separables) y postulan un mecanismo común que subyace a todos los procesos de FE (Miyake *et al.*, 2000). El común denominador es que, si bien las regiones específicas son distintas para cada proceso (Luna *et al.*, 2004; Rueda *et al.*, 2004; Nagy *et al.*, 2004; Luciana *et al.*, 2007), la activación se produce en los circuitos fronto-subcorticales (Masterman & Cummings, 1997), lo cual sugiere que las mejorías en los distintos componentes de FE se relacionan con una mayor especificidad en la conectividad de la CPF (Luna *et al.*, Garver, 2004; Rueda *et al.*, 2004; Nagy *et al.*, 2004; Luciana *et al.*, 2007).

Aunque la estructura de las FE refleja unidad y diversidad, aplicables desde la edad escolar hasta la etapa adulta (Anderson *et al.*, 2001; Bull & Scerif, 2001; Huiziniga *et al.*, 2006; Lehto *et al.*, 2003; Miyake *et al.*, 2000; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006), también se sabe que los modelos en niños de edad escolar no son equiparables en niños preescolares (Espy, 2004). Por consiguiente, en fecha reciente el interés se ha desplazado hacia el análisis de la estructura de las FE en la edad preescolar (Hugues, Ensor, Wilson & Graham, 2010; Senn, Espy & Kaufman, 2004; Wiebe, Espy & Charak, 2008).

Wiebe y colaboradores (2008), con la finalidad de identificar la unidad o diversidad de las FE, evaluaron a 228 niños preescolares de 3 años de edad mediante tareas de memoria

de trabajo e inhibición. A partir del análisis factorial confirmatorio, determinaron que la estructura de las FE puede describirse por un solo factor (figura 3-12). De manera similar, Hughes y colaboradores (2010) probaron un modelo unitario de FE que se ajusta a niños de 4 a 6 años de edad (figura 3-13).

Sin embargo, los hallazgos referentes a la estructura de las FE en edad preescolar son escasos (Hughes *et al.*, 2010; Wiebe *et al.*, 2008) y limitados por los lapsos de edad utilizados en sus muestras, que no los hacen equiparables para realizar inferencias sobre la estructura del funcionamiento en la edad preescolar.

Relación entre los componentes incluidos en las funciones ejecutivas

Otro aspecto que se ha tratado de precisar es la relación entre los componentes incluidos en la estructura de las FE; esto subraya la importancia de considerar múltiples niveles de componentes de las FE. Se han identificado al menos dos (Senn *et al.*, 2004): componentes menores (memoria de trabajo e inhibición) y componentes mayores (planeación y solución de problemas). Se ha resaltado así el estudio de la implicación de los componen-

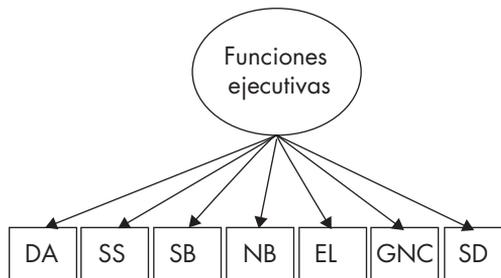


Figura 3-12. Modelo de un factor que usa el análisis factorial confirmatorio (Wiebe *et al.*, 2008). Las elipses representan los tres componentes de FE (variables latentes) y los rectángulos las tareas individuales (variables manifiestas). Las flechas simbolizan la correlación entre las variables.

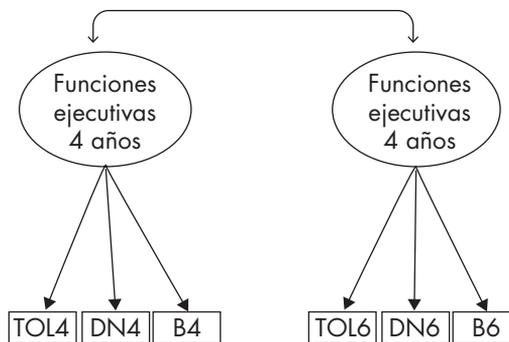


Figura 3-13. Modelo de un factor que utiliza el análisis factorial confirmatorio (Hughes *et al.*, 2010). Las elipses representan los tres componentes de FE (variables latentes) y los rectángulos las tareas individuales (variables manifiestas). Las flechas simbolizan la correlación entre las variables.

tes menores en los mayores a través de sus relaciones causales (Huiziga *et al.*, 2006; Miyake *et al.*, 2000; Senn *et al.*, 2004).

El análisis de senderos (o método de coeficientes de senderos) es una forma de análisis de regresión estructurado que incluye varios modelos de regresión ligados y permite obtener los efectos directos e indirectos de unas variables sobre otras, asumiendo la existencia de relaciones lineales entre ellas (Senn *et al.*, 2004). En el caso de las FE, al analizar la relación entre las variables menores y su efecto en las mayores, las aproximaciones recientes han intentado integrar estos enfoques para determinar la naturaleza de la organización de las FE (Huiziga *et al.*, 2006; Miyake *et al.*, 2000).

Miyake y colaboradores (2000) evaluaron a 137 estudiantes universitarios mediante la aplicación de una amplia batería de FE. A partir de un análisis de senderos examinaron la contribución de memoria de trabajo, alternancia e inhibición en el desempeño en tareas de solución de problemas (torre de Londres: TOL; Shallice, 1982) y flexibilidad mental (*Wisconsin Card Sorting Test*: WCST; Grant y Berg, 1948); se concluyó que el componente alternancia predice la ejecución del componente flexibilidad mental, en tanto que el componente inhibición anticipa el componente solución de problemas.

Con posterioridad, Huiziga y colaboradores (2006) estudiaron a 284 participantes divididos en tres grupos (6 a 8, 10 a 16 y 18 a 26 años) con base en tareas que evaluaban los componentes alternancia, memoria de trabajo e inhibición. Además, aplicaron las tareas WCST y TOL. A partir del análisis de senderos analizaron la contribución de los tres componentes menores (memoria de trabajo, alternancia e inhibición) a los mayores (flexibilidad mental y planeación). Los investigadores identificaron que sólo la memoria de trabajo contribuye con solidez al componente de flexibilidad mental.

Senn, Espy y Kaufman (2004), con el objetivo de reconocer la organización de las FE en la edad preescolar, evaluaron a 117 niños de 3 a 6 años de edad mediante cinco tareas que permitieron estudiar procesos de memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad mental y solución de problemas. A partir del SEM (análisis de senderos) identificaron que la solución de problemas está mediada por la estrecha relación y ejecución entre memoria de trabajo e inhibición (figura 3-14).

Pese a que las aproximaciones recientes (Senn *et al.*, 2004) también han intentado integrar la implicación de los componentes menores en los mayores en la edad preescolar, los estudios aún son muy escasos.

Una forma de deducir la estructura de las FE consiste en estudiar el desarrollo temprano y usar métodos estadísticos avanzados que permiten identificar la interrelación de sus distintos componentes.

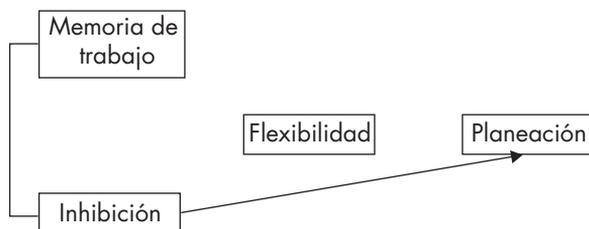


Figura 3-14. Análisis de senderos que explica la incidencia de procesos de memoria de trabajo e inhibición en procesos de solución de problemas. Tomado de Senn y colaboradores (2004).

Capítulo 4

Planteamiento del problema

Estudios recientes indican que las FE inician su desarrollo antes de lo que se pensaba (Luciana & Nelson, 2002; Davidson *et al.*, 2006; Gestard *et al.*, 2004; Zelazo *et al.*, 2002), lo que destaca los cambios que tienen lugar durante la edad preescolar (Carlson, 2005; Kirkham *et al.*, 2003; Espy, 1997; Munkata & Jerris, 2001; Zelazo *et al.*, 2003) y su relación con la maduración de la CPF (Diamond, 2002). Los objetivos del estudio de las FE en la edad preescolar se han centrado en identificar las trayectorias en el desarrollo de cada componente, su estructura y relación entre los componentes (Best, 2009).

A pesar de las diversas aproximaciones por tratar de identificar las trayectorias en el desarrollo de distintos componentes de las FE, todavía es imposible reconocer trayectorias completas debido al interés de aproximación a componentes restringidos y los estrechos límites de edad utilizados.

En este sentido también se observa una falta de consenso en el número de factores en los que es posible conceptualizar a las FE. Estudios conducidos en la etapa adulta (Anderson *et al.*, 2001; Miyake *et al.*, 2000) apoyan la idea multifactorial de los componentes relacionados, pero separables, y consideran un mecanismo común (o mecanismos) que subyace a otros procesos de FE, mientras que en la etapa preescolar se ha sugerido que la estructura de las FE puede describirse con un solo factor (Hughes, Ensor, Wilson & Graham, 2008; Wiebe, Espy & Charak, 2008) que incluye dos componentes: memoria de trabajo e inhibición.

Aunque las aproximaciones recientes (Senn *et al.*, 2004) también han intentado integrar la implicación de los componentes menores en los componentes mayores en la edad preescolar, todavía se dispone de pocos estudios.

Pese a que son escasos los protocolos sobre los efectos directos e indirectos de distintos componentes de variables sobre otros (Miyake *et al.*, 2000; Senn *et al.*, 2004, Wiebe *et al.*, 2008), éstos subrayan la utilidad de la aproximación de variables latentes y la importancia de considerar múltiples niveles de FE. El objetivo es determinar la naturaleza de la orga-

nización de las FE mediante aproximaciones de niveles menores y mayores, analizar el efecto de componentes menores (p. ej., memoria de trabajo e inhibición) e investigar su efecto en componentes mayores (planeación y solución de problemas).

El uso de técnicas estadísticas avanzadas, como los modelos de ecuaciones estructurales, puede clarificar la estructura de las FE (con base en el análisis factorial confirmatorio) y estudiar los efectos directos en ciertas variables (mediante el análisis de senderos).

Ampliar las investigaciones sobre el desarrollo de las FE en la edad preescolar haría posible tener un conocimiento más sólido y amplio sobre su desarrollo normal en esta etapa y una conceptualización precisa de su estructura; ello favorecería un diagnóstico temprano de desarrollo normal y patológico y, en este último, beneficiaría la creación de intervenciones oportunas y eficaces en niños con dificultades tempranas.

Objetivo general

Es por esta razón que el objetivo general de este trabajo es evaluar el desarrollo de los componentes de las FE en la edad preescolar, la relación entre los componentes y los efectos directos de los componentes menores en los componentes mayores.

Objetivos específicos

1. Identificar las trayectorias en el desarrollo preescolar de distintos componentes de FE (inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad, planeación, procesamiento de riesgo-beneficio, abstracción).
2. Reconocer la estructura de las FE en la edad preescolar, a partir de la relación entre distintos componentes, tras evaluar si es posible comprenderla como un proceso unitario o como un conjunto de múltiples procesos. En las publicaciones relacionadas con la edad preescolar se reconocen al menos dos componentes incluidos en las FE (memoria de trabajo e inhibición); uno de los objetivos de esta obra es evaluar en qué medida estos dos componentes son unitarios o separables.

Si en la edad preescolar es posible identificar la estructura de las FE, como dos factores separables (inhibición y memoria de trabajo), este modelo debe proporcionar un excelente ajuste de los datos; las correlaciones entre las dos variables latentes proporcionará una determinación del grado en que los dos componentes están relacionados entre sí. Por el contrario, si los dos componentes (memoria de trabajo e inhibición) corresponden al mismo constructo subyacente, la estructura debe considerarse unitaria, es decir, un modelo de un factor (todas las correlaciones entre dos y tres variables latentes de 1.0) debe proporcionar un excelente ajuste de los datos.

3. Analizar los efectos directos de ciertos componentes menores en otros mayores y especificar las contribuciones de dichos componentes “relativamente menos complejos” en componentes “más complejos”.

Capítulo 5

Metódo

Tipo y diseño de la investigación

Se trata de un estudio no experimental de tipo transversal descriptivo.

Definición de variables

- Variable independiente: rangos de edad.
- Grupo 1: 3 años de edad (rangos: 36 a 48 meses)
- Grupo 2: 4 años de edad (rangos: 49 a 60 meses)
- Grupo 3: 5 años de edad (rangos: 61 a 72 meses)
- Grupo 4: 6 años de edad (rangos: 73 a 85 meses)
- Variable dependiente: desempeño neuropsicológico de FE. El desempeño neuropsicológico de FE se determinó a través de los puntajes obtenidos por los participantes en las tareas de la batería utilizada (véase Instrumentos). Los procesos evaluados fueron inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad mental, planeación, abstracción y procesamiento de riesgo-beneficio.
- Variables de control: orgánicas (sexo y preferencia manual); sociodemográficas (asistencia a escuela pública o privada).

Características de la muestra

La muestra total quedó conformada por 128 niños, distribuidos en cuatro grupos: 32 niños de 3 años de edad, 32 niños de 4 años de edad, 32 niños de 5 años de edad y 32 niños de 6 años de edad. Los individuos se consideraron aptos para este estudio si cumplían con los siguientes:

a. **Criterios de inclusión**

- Límites de edad de 3 a 6 años (36 a 85 meses)
- Preferencia manual diestra
- Consentimiento informado por escrito y firmado por los padres

b. **Criterios de exclusión**

- Antecedentes de alteración neurológica o psiquiátrica
- Antecedentes de TCE con pérdida de la conciencia
- Alteraciones visuales o auditivas no corregidas

Escenario

La batería neuropsicológica se aplicó de manera individual en las instalaciones de ambas instituciones, en un aula carente de ruido y distracciones.

Instrumentos

1. **Batería de funciones ejecutivas en la edad preescolar (Ostrosky *et al.*, 2010).**

Fue posible realizar una amplia valoración del funcionamiento ejecutivo en preescolares, dado que agrupa pruebas neuropsicológicas con suficiente evidencia en las publicaciones científicas para la evaluación neuropsicológica de FE en la edad preescolar.

La batería se integró con 17 subpruebas divididas en seis subdominios, según fuera el proceso a evaluar.

2. **Inhibición**

Puño-dedo (adaptado a partir de Luria, 1966): consiste en 16 pruebas en las que se le pide al niño que, cuando el experimentador señale con el puño, muestre su dedo índice y a la inversa. Se registran el número de movimientos parciales (comisión de error inicial pero inmediatamente corregido), el número de errores y el número de aciertos. Para el análisis se consideró el número de aciertos.

Ángel-diablo (adaptado a partir de Kochanska *et al.*, 1996): se conforma con 10 pruebas en las cuales el niño debe seguir las instrucciones del ángel e ignorar las del diablo. Se registran el número de movimientos parciales (comisión de error inicial pero inmediatamente corregido), el número de errores y el número de aciertos. Para el análisis se tomó en cuenta el número de aciertos.

Stroop día-noche (adaptado a partir de Carlson & Moses, 2001): incluye 16 pruebas en las que se presentan láminas que contienen figuras del sol y la luna; el niño debe responder “noche” cuando se le presente la tarjeta del sol y “día” cuando observe la tarjeta de la luna. Se registra el número de aciertos, errores y tiempo. Para el análisis se consideró el número de aciertos.

3. **Memoria de trabajo**

Hora de la comida (original): consiste en la presentación de ocho pruebas, con las cuales se le presenta al niño una lámina base que incluye a cinco personajes con diferentes profesiones (bailarina, policía, maestra, doctor, payaso) y una lámina de una vaca; a continuación se le indica que la vaca irá a dejar leche y que él debe ayudarla en recoger los recipientes en orden inverso a como los repartió la vaca. Por ejemplo, si la

vaca entregó la leche en el orden bailarina-policía, el niño deberá recogerla en el orden policía-bailarina. Las pruebas están divididas en cuatro niveles, según sea el número de elementos exigido en la tarea (2, 3, 4). El acierto en la primera prueba de cada nivel equivale a dos puntos y en caso de cometer error se aplica la segunda prueba que equivale a un punto. Se registra el número de puntos obtenidos y el nivel alcanzado. Para el análisis se consideró el número de puntos obtenidos (aciertos).

Cubos de Corsi (Corsi, 1972) en regresión: es la presentación de 10 pruebas en las que el niño debe señalar una serie de cubos en orden inverso al que mostró el experimentador. Las pruebas se dividen en cinco niveles, de acuerdo con el número de elementos exigido en la tarea (2, 3, 4, 5). El acierto en la primera prueba de cada nivel equivale a dos puntos; en caso de cometer error se aplica la segunda prueba que equivale a un punto. Se registra el número de puntos obtenidos y el nivel alcanzado. Para el análisis se consideró el número de puntos obtenidos (aciertos).

Dígitos en regresión (Koss, 1992): se integra con 10 pruebas en las que el niño debe repetir en orden inverso los dígitos mencionados por el experimentador. Las pruebas están divididas en cinco niveles, según sea el número de elementos requeridos en la tarea (2, 3, 4, 5). El acierto en la primera prueba de cada nivel equivale a dos puntos; si se comete un error se aplica la segunda prueba que equivale a un punto. Se registra el número de puntos obtenidos y el nivel conseguido. Para el análisis se consideró el número de puntos obtenidos (aciertos).

4. Flexibilidad mental

Clasificación de cartas I (adaptada a partir de Zelazo, 2006): se presentan al niño dos tarjetas-estímulo (conejo grande azul y barco rojo pequeño) y se le pide que clasifique 18 tarjetas que contienen diferentes estímulos (conejo grande rojo, conejo grande azul, conejo pequeño rojo, conejo pequeño azul, barco grande rojo, barco grande azul, barco pequeño rojo, barco pequeño azul). El evaluador indica el criterio de clasificación (color, figura, tamaño) e indica que se practicará al juego del color (dibujo, tamaño). Se registra el número de aciertos, número de errores, perseveraciones, perseveraciones de criterio y errores de mantenimiento. Para el análisis se consideró el número de aciertos.

Clasificación de cartas II (adaptada a partir de Zelazo, 2006): se muestran las cartas-estímulo de la versión anterior y 30 tarjetas para clasificar; se le menciona al niño que debe descubrir el criterio de juego correcto, para lo cual el experimentador le señala en cada prueba si lo hizo de forma adecuada o no (cada seis aciertos consecutivos se cambia el criterio). En esta prueba, el evaluador omite el criterio de clasificación. Se registra el número de aciertos, número de errores, perseveraciones, perseveraciones de criterio y errores de mantenimiento. Para el análisis se consideró el número de aciertos.

Cajones (adaptado a partir de Zelazo, 1998): incluye 15 pruebas en las que se presenta al niño una cajonera de tres cajones y se le pide que cierre los ojos mientras se esconde un dulce en algún cajón; después se le indica que abra los ojos y descubra en cuál de los tres cajones está escondido el dulce. En las primeras cinco pruebas, el dulce se esconde en el segundo cajón, las siguientes cinco pruebas en el tercero y las últimas cinco pruebas en el primero; se registra el número de aciertos, errores y perseveraciones. Para el análisis se consideró el número de aciertos.

5. Planeación

Laberintos (adaptado a partir de Weschler, 1998): se presentan al niño, uno por uno, ocho laberintos de dificultad creciente; se le indica que no puede atravesar las pa-

redes, tocarlas o meterse en un camino sin salida. En cada laberinto se registra si el niño inició y terminó en el lugar indicado, el número que atravesó las paredes y el número de caminos sin salida. Para el análisis se consideró el número de laberintos terminados.

Cartero (adaptado a partir de Carlson *et al.*, 2004): consiste en ocho pruebas en las que se presenta un camino en una sola dirección, cinco casas (amarilla, rosa, azul, negra, roja) y cinco sobres (amarillo, rosa, azul, negro, rojo) y un camión. Se le indica que se jugará al cartero y es necesario que él ayude a repartir las invitaciones para una fiesta. Debe considerar que sólo puede tomar la carta superior y el camión nunca puede ir en reversa, por lo que debe acomodar las invitaciones y anticipar el orden de entrega para poder repartirlas de manera eficaz. Las pruebas están divididas en cuatro niveles, de acuerdo con el número de elementos exigido en la tarea (2, 3, 4). El acierto en la primera prueba de cada nivel equivale a dos puntos y en caso de cometer error se aplica la segunda prueba que equivale a un punto. Se registra el número de errores (tomar cartas de abajo, ir en reversa), el puntaje obtenido y el nivel alcanzado. Para el análisis se consideró el puntaje obtenido (aciertos).

6. Procesamiento de riesgo-beneficio

Demora del regalo (adaptado a partir de Carlson *et al.*, 2004): se le indica al niño que es necesario llevar un regalo pero éste no se ha envuelto y que mientras se lo envuelve no debe mirar, por lo que se debe sentar enfrente de la pared para que sea una gran sorpresa cuando esté listo. Durante un minuto se registra el número de veces en que voltea parcialmente (90°) y el número de veces que lo hace completamente (180°). Para el análisis de esta tarea se anota el número de veces que volteó por completo.

Demora de la gratificación (adaptado a partir de Mischel, 1974): se presentan dos vasos, uno con una pequeña recompensa (dulces) y otro con una recompensa mayor; se le pide que decida entre obtener el vaso de la recompensa menor inmediatamente, pero si se espera un tiempo puede obtener el vaso de la recompensa mayor. Para el análisis de esta tarea se tomó en cuenta la opción elegida (ahora o después).

Juego de la apuesta (adaptado a partir de Garon & More, 2004): se presentan dos bloques de cartas, con una (bajo riesgo) y dos caritas (alto riesgo), que le dan una recompensa (un dulce y dos dulces, respectivamente), y se le indica que por cada elección el experimentador descubrirá una carta que puede contener castigo o no (caritas tristes). Para el análisis se tomó en cuenta el porcentaje de cartas de riesgo.

7. Abstracción

Absurdos (adaptado a partir de Stanford-Binet, 2004): se le presentan al niño 10 láminas que incluyen elementos incongruentes (p. ej., un señor simulando que habla por teléfono, pero con un zapato) y se le pregunta: "¿Qué hay de raro en cada figura?" Se registra el número de aciertos y el número de errores cometidos. Para el análisis de esta tarea se tomó en cuenta el número de aciertos.

Procedimiento

Fase 1. Selección: se hizo una invitación por escrito a los padres o tutores de los posibles niños elegibles para participar en el protocolo de investigación; en ella se detallaron los objetivos del protocolo, las fases y las implicaciones. En caso de aceptar participar se les pidió que firmaran un consentimiento informado y se envió un formato estructurado de

historia clínica completa y en su función se determinó si cumplían o no los criterios de inclusión para participar en el protocolo. Tras determinar que cumplían con los criterios de inclusión, el niño se admitía en el protocolo de investigación.

Fase 2. Evaluación: la aplicación tuvo una duración de 60 a 90 min, según fuera la ejecución de cada niño y de acuerdo con las instrucciones de cada prueba (véase Instrumentos).

Fase 3. Análisis de datos, integración y discusión de los resultados.

Análisis de datos

Los resultados obtenidos se registraron y analizaron mediante el paquete estadístico SPSS 17.0. Para analizar las variables sociodemográficas se realizó un análisis descriptivo y para describir las trayectorias de los componentes por el efecto de la edad se emplearon las siguientes pruebas estadísticas:

- ANOVA de una vía (comparaciones *post hoc* de Tukey y HSD de Tukey) para cada una de las variables intervalares y los totales de memoria de trabajo, inhibición, planeación y flexibilidad mental.
- Análisis Z (comparaciones de las proporciones) para cada una de las variables categóricas.

Para reconocer la estructura de las FE en la edad preescolar y la relación entre los distintos componentes se utilizó un modelo de ecuaciones estructurales, que incluyó lo siguiente:

- Análisis factorial confirmatorio
- Análisis de senderos

Dicho modelo se probó mediante el paquete estadístico EQS 6.1 en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (UNAM), bajo la supervisión del Dr. Ignacio Méndez Ramírez.

El ajuste de los modelos se evaluó mediante varias pruebas estadísticas. La ji cuadrada (χ^2) proporciona una indicación global de ajuste del modelo; el valor χ^2 sugiere el ajuste del modelo adecuado (Brown, 2006; Schumaker & Lomax, 2004). Debido a que la prueba χ^2 es demasiado sensible a las desviaciones de ajuste perfecto en muestras grandes, los índices más utilizados para la evaluación y comparación de modelos incluyen la raíz del error cuadrado de aproximación (RMSEA) (Browne & Cudeck, 1993) y el índice de ajuste comparativo (CFI). Los valores de RMSEA inferiores a 0.06 y los índices CFI de 0.95 a 1.00 indican buen ajuste (Hu & Bentler, 1999). Cuando los modelos no difieren de manera significativa, con valor de p menor de 0.05, el modelo más simple es preferible sobre la base de la parsimonia (Bollen, 1989).

Capítulo 6

Resultados

Características sociodemográficas

La muestra total quedó conformada por 128 niños divididos en cuatro grupos de acuerdo con sus límites etarios (cuadro 6-1).

El 40% de la muestra acude a una escuela pública y el 60% a una privada (figura 6-1). Fue imposible equiparar el porcentaje para el grupo de 3 años, ya que el ingreso al sistema escolar público en México ocurre a los 4 años de edad.

Los cuatro grupos tuvieron la misma proporción de niños y niñas (figura 6-2).

Trayectorias de desarrollo

Para todas las variables intervalares se realizaron comparaciones ANOVA de una vía entre cada grupo de edad y análisis *post hoc* de Tukey con ajuste de significancia > 0.005 (cuadro 6-2). Los resultados de cada variable se describen en su apartado correspondiente.

Cuadro 6-1. Características demográficas de la muestra

Grupo	N	Edad en meses	
		X	DE
3 años	32	41.88	3.25
4 años	32	55.32	3.18
5 años	32	66.13	3.60
6 años	32	73.22	1.55
Total	128	59.26	12.40

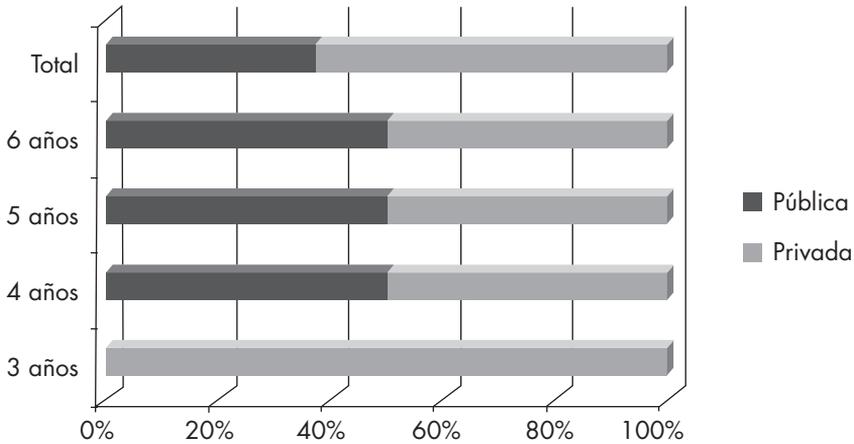


Figura 6-1. Distribución de la asistencia al sistema escolarizado público o privado en términos del porcentaje por grupo.

Inhibición

Stroop ángel-diablo

En la prueba de Stroop ángel-diablo se encontró un incremento continuo del número de aciertos, en relación con la edad: 3 años ($X = 13.00$; $DE = 5.49$); 4 años ($X = 16.71$; $DE = 4.92$); 5 años ($X = 19.43$; $DE = 1.04$); 6 años ($X = 19.75$; $DE = 0.67$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 22.37$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra todos los grupos, y el grupo de 4 años respecto de los grupos de 5 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-3.

Mediante el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años,

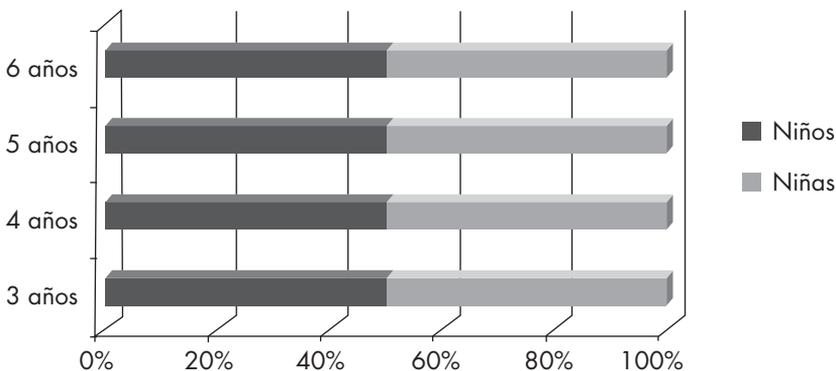


Figura 6-2. Distribución por género en términos del porcentaje por grupo.

Cuadro 6-2. Comparaciones ANOVA

Tarea	3 años		4 años		5 años		6 años		ANOVA		Post hoc de Tukey
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	F	p	
Siroop ángel-diablo (aciertos)	13.00	5.49	16.71	4.92	19.43	1.04	19.75	0.67	22.37	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 5, 4 vs 6/
Siroop diánoche (aciertos)	8.41	5.90	11.47	4.34	12.72	3.19	13.13	3.30	7.79	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6
Puño-dedo, puntaje total (aciertos)	18.56	9.92	26.09	5.01	27.50	2.59	26.56	4.42	14.48	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6
Dígitos en regresión	0.28	0.63	1.03	1.40	1.88	1.62	2.13	1.72	11.37	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Cubos en regresión	2.13	2.22	3.16	2.10	4.25	2.17	4.91	1.94	10.78	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Hora de la comida, puntaje total	1.25	1.4	1.84	1.76	3.06	2.34	4.38	2.24	15.74	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Categorización A (aciertos)	14.53	2.14	15.91	1.61	16.38	1.97	17.09	1.20	12.15	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6
Categorización B (aciertos)	1.78	1.71	2.53	2.07	3.22	2.41	3.59	2.10	4.64	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Cajones (aciertos)	5.15	2.66	5.53	3.15	5.81	3.04	5.34	2.82	2.93	0.83 *	
Laberinto (aciertos)	5.53	2.03	8.5313	1.78	9.13	1.74	9.63	0.91	38.80	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Cartero (aciertos)	2.31	1.40	3.81	2.30	5.37	2.41	5.75	2.32	16.76	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 5, 4 vs 6
Absurdos, puntaje total	4.25	2.15	6.41	2.59	7.50	1.65	7.97	1.51	21.47	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6
Porcentaje de carta de riesgo	51.97	23.10	50.52	24.54	49.16	13.38	46.77	20.25	0.36	0.78	
Total de inhibición	39.96	16.54	54.28	9.65	59.65	4.90	59.43	6.59	25.19	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6
Total de flexibilidad	21.46	4.67	23.96	3.87	25.40	4.85	26.03	4.00	6.87	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6
Total de memoria de trabajo	3.65	3.02	6.03	4.02	9.18	4.67	11.40	4.40	22.41	0.00 *	3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 5, 4 vs 6
Total de planeación	7.63	1.94	11.78	2.40	13.12	2.67	13.84	1.58	5.03	0.00 *	3 vs 4, 3 vs 5, 3 vs 6 / 4 vs 6

* $p \leq 0.05$; ANOVA de una vía (comparaciones post hoc de Tukey); X, media; DE, desviación estándar.

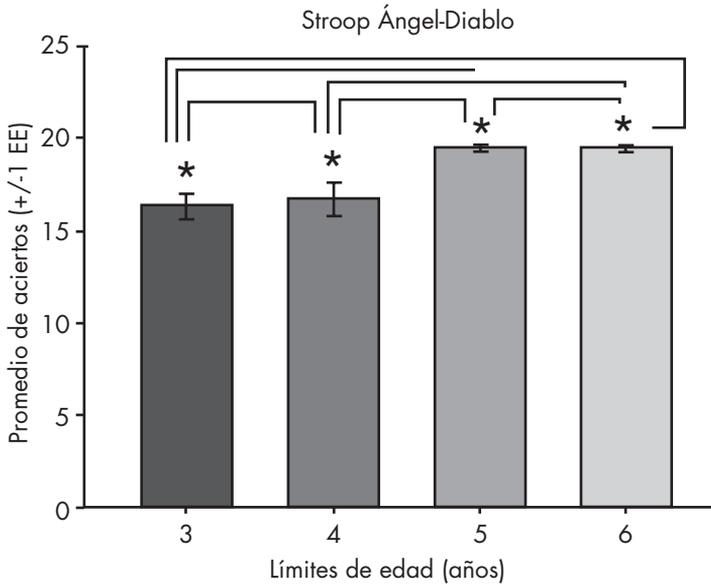


Figura 6-3. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba de Stroop ángel-diablo por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco (* $p \leq 0.05$).

que difiere de los siguientes subgrupos. En el subgrupo 2 está incluido sólo el grupo de 4 años, que se diferencia del subgrupo anterior y del siguiente; y en el subgrupo 3 se encuentran dos grupos (5 y 6 años) cuyas medias no divergen significativamente (cuadro 6-3).

Stroop día-noche

En la prueba de Stroop día-noche se identificó un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 8.41$; $DE = 5.90$); 4 años ($X = 11.47$; $DE = 4.34$); 5 años ($X = 12.72$; $DE = 3.19$); 6 años ($X = 13.13$; $DE = 3.30$).

Cuadro 6-3. Tabla de subgrupos homogéneos, de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea Stroop ángel-diablo a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	13.00		
4 años	16.71		
5 años	19.43		
6 años	19.75		

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

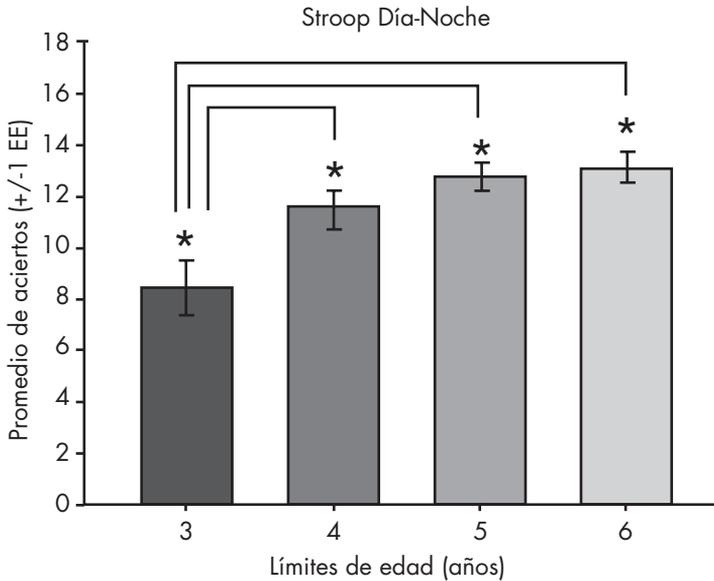


Figura 6-4. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba Stroop día-noche por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 7.79$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años contra todos los grupos. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-4.

Mediante el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey se pueden clasificar los grupos en dos subgrupos, según sea el parecido existente entre sus medias. Por lo tanto, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años que difiere de los siguientes subgrupos. Por su parte, en el subgrupo 2 están comprendidos los grupos de 4, 5 y 6 años, cuyas medias no difieren de forma significativa (cuadro 6-4).

Cuadro 6-4. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea Stroop día-noche a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	8.41	
4 años		11.47
5 años		12.72
6 años		13.13

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

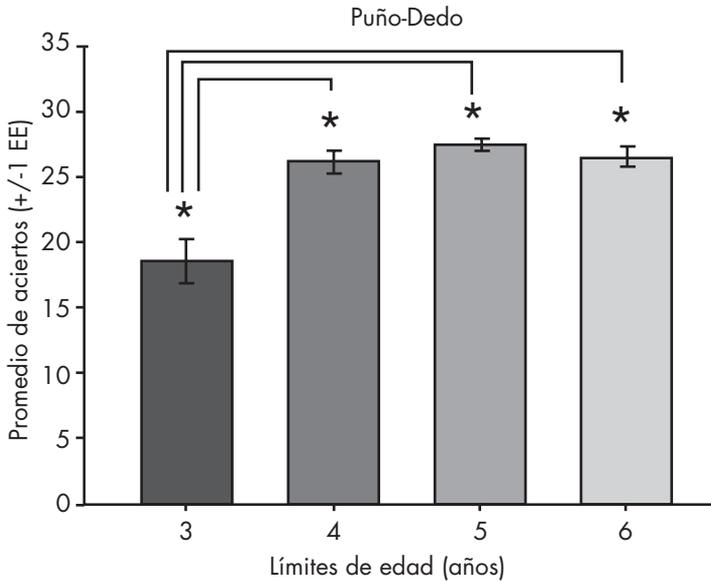


Figura 6-5. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba puño-dedo por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Puño-dedo

En la prueba de puño-dedo se reconoció un incremento continuo del número de aciertos en relación con la edad: 3 años ($X = 18.56$; $DE = 9.92$); 4 años ($X = 26.09$; $DE = 5.01$); 5 años ($X = 27.50$; $DE = 2.59$); 6 años ($X = 26.56$; $DE = 4.42$).

El análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) detectó diferencias estadísticamente significativas ($F = 14.48$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, respecto de todos los grupos. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-5.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey hace posible clasificar a los grupos en dos subgrupos, de acuerdo con el parecido entre sus medias. Por consiguiente, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años que difiere de los siguientes subgrupos. Y en el subgrupo 2 están alojados los grupos de 4, 5 y 6 años, cuyas medias no divergen en grado significativo (cuadro 6-5).

Memoria de trabajo

Cubos en regresión

En la prueba cubos en regresión se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 2.13$; $DE = 2.22$); 4 años ($X = 3.16$; $DE = 2.10$); 5 años ($X = 4.25$; $DE = 2.17$); 6 años ($X = 4.91$; $DE = 1.94$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se reconocieron diferencias estadísticamente significativas ($F = 10.78$; $p = 0.00$)

Cuadro 6-5. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea de Stroop puño-dedo a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	8.41	
4 años		11.47
5 años		12.72
6 años		13.13

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

entre el grupo de 3 años, en comparación con los grupos de 5 y 6 años y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-6.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey puede clasificar a los grupos en tres subgrupos, según sea la semejanza existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1, que difiere del siguiente subgrupo, están incluidos los grupos de 3 y 4 años (sus medias no difieren de manera significativa). El subgrupo 2, en el que está incluido el grupo de 5 años, se diferencia del subgrupo anterior y el subgrupo siguiente. El tercer subgrupo incluye al grupo de 6 años, que diverge de los subgrupos anteriores (cuadro 6-6).

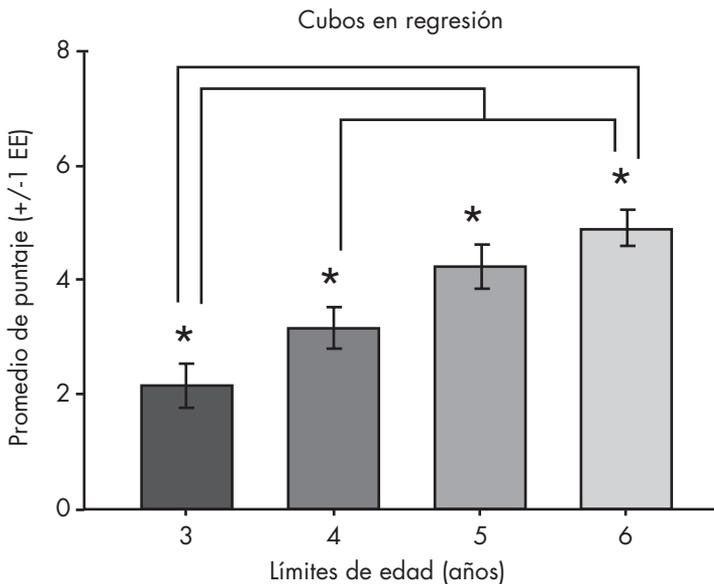


Figura 6-6. Gráfica del promedio del puntaje obtenido en la prueba cubos en regresión por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Cuadro 6-6. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea cubos en regresión a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	2.13		
4 años	3.16		
5 años		4.25	
6 años			4.91

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

Dígitos en regresión

En la prueba dígitos en regresión se encontró un aumento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 0.28$; $DE = 0.63$); 4 años ($X = 1.03$; $DE = 1.40$); 5 años ($X = 1.88$; $DE = 1.62$); 6 años ($X = 2.13$; $DE = 1.72$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 11.37$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra los grupos de 5 y 6 años, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-7.

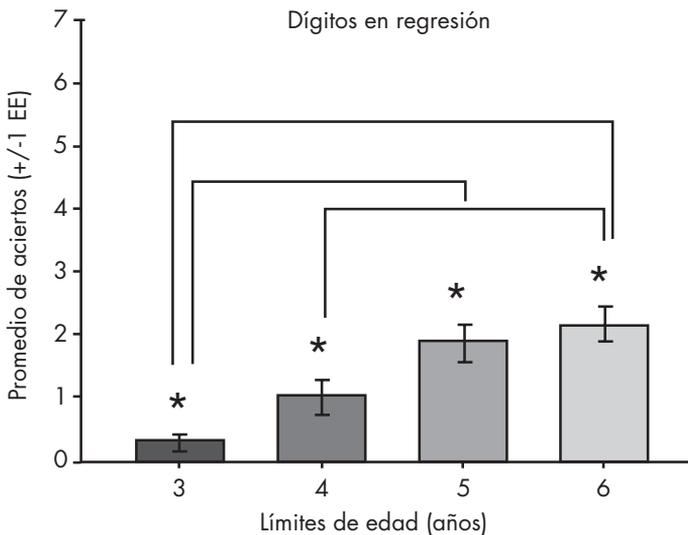


Figura 6-7. Gráfica del promedio del puntaje obtenido en la prueba dígitos en regresión por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Cuadro 6-7. Tabla de subgrupos homogéneos en relación con el promedio de aciertos en la tarea dígitos en regresión a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	0.28	
4 años	1.03	
5 años		1.88
6 años		2.13

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de semejanza existente entre sus medias.

Con el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en dos subgrupos, según sea el parecido existente entre sus medias. Por lo tanto, en el subgrupo 1, que se diferencia del siguiente subgrupo, están incluidos los grupos de 3 y 4 años (sus medias no difieren significativamente). Y en el subgrupo 2 se hallan los grupos de 4, 5 y 6 años y sus medias no divergen de modo significativo (cuadro 6-7).

Hora de la comida

En la prueba hora de la comida se encontró un aumento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 1.25$; $DE = 1.4$); 4 años ($X = 1.84$; $DE = 1.76$); 5 años ($X = 3.06$; $DE = 2.34$); 6 años ($X = 4.38$; $DE = 2.24$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 11.37$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra los grupos de 5 y 6 años, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-8.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey hace posible clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. Por consiguiente, en el subgrupo 1 están incluidos los grupos de 3 y 4 años (sus medias no difieren significativamente del siguiente subgrupo). El subgrupo 2, en el que está comprendido el grupo de 5 años, difiere de los subgrupos anterior y siguiente. El tercer subgrupo incluye al grupo de 6 años, que se diferencia de los subgrupos anteriores (cuadro 6-8).

Flexibilidad mental

Categorización A

En la prueba categorización A se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 14.53$; $DE = 2.14$); 4 años ($X = 15.91$; $DE = 1.61$); 5 años ($X = 16.38$; $DE = 1.97$); 6 años ($X = 17.09$; $DE = 1.20$).

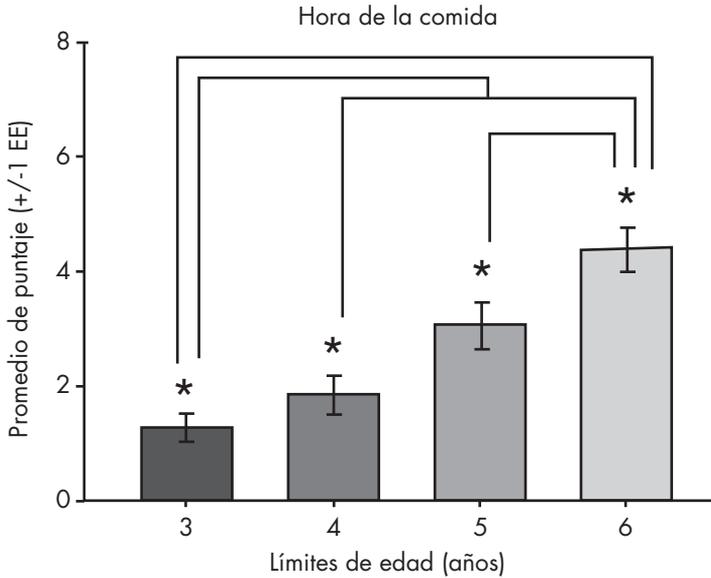


Figura 6-8. Gráfica del promedio del puntaje obtenido en la prueba hora de la comida por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 12.15$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, respecto de todos los grupos. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-9.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey permite clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años, que difiere de los siguientes subgrupos. En el subgrupo 2 se halla sólo el grupo de 4 años que diverge de los

Cuadro 6-8. Tabla de subgrupos homogéneos en relación con el promedio de aciertos en la tarea hora de la comida a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	1.25		
4 años	1.84		
5 años		3.06	
6 años			4.38

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de semejanza entre sus medias.

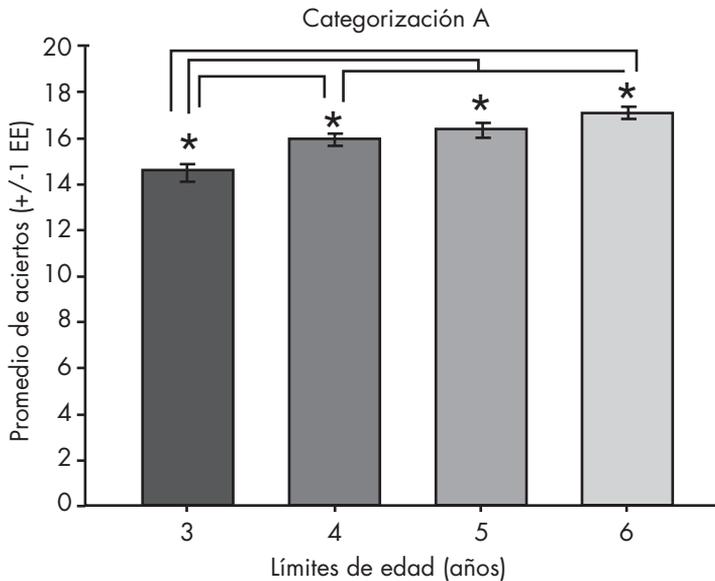


Figura 6-9. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba categorización A por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

subgrupos anterior y posterior. En el tercer subgrupo se encuentran dos grupos (5 y 6 años), cuyas medias no difieren de forma significativa (cuadro 6-9).

Categorización B

En la prueba categorización B se reconoció un aumento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 1.78$; $DE = 1.71$); 4 años ($X = 2.53$; $DE = 2.07$); 5 años ($X = 3.22$; $DE = 2.41$); 6 años ($X = 3.59$; $DE = 2.10$).

Cuadro 6-9. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea categorización A a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	14.53		
4 años	15.91		
5 años	16.38		
6 años	17.09		

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

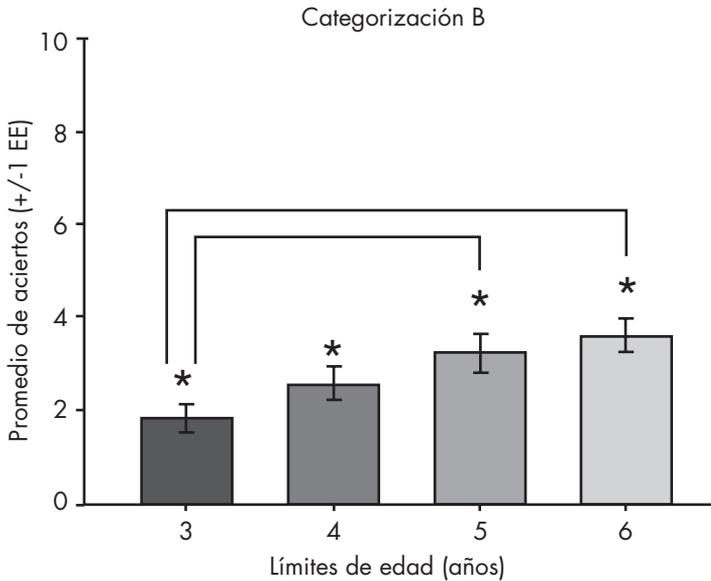


Figura 6-10. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba categorización B por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco (* $p \leq 0.05$).

Con el análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se reconocieron diferencias estadísticamente significativas ($F = 4.64$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, en comparación con todos los grupos, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de manera esquemática en la figura 6-10.

A través del análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey se puede clasificar a los grupos en dos subgrupos, de acuerdo con la semejanza entre sus medias. Por lo tanto, en el subgrupo 1 están incluidos los grupos de 3 y 4 años, y en el subgrupo 2 se alojan los grupos de 5 y 6 años, cuyas medias no difieren en grado significativo (cuadro 6-10).

Cuadro 6-10. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea categorización B a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	1.78	
4 años	2.53	
5 años		2.22
6 años		3.59

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

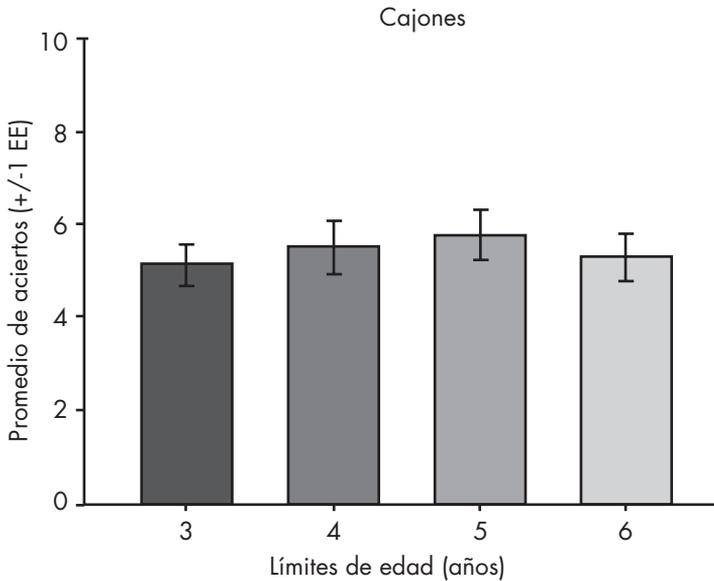


Figura 6-11. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba cajones por cada grupo de edad.

Cajones

En la prueba de cajones no se identificaron diferencias relacionadas con la edad: 3 años ($X = 5.15$; $DE = 2.66$); 4 años ($X = 5.34$; $DE = 3.15$); 5 años ($X = 5.53$; $DE = 3.04$); 6 años ($X = 5.34$; $DE = 2.82$).

Al utilizar el análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) no se reconocieron diferencias estadísticamente significativas ($F = 2.93$; $p = 0.83$). Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-11.

Mediante el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en un solo subgrupo, de acuerdo con el parecido entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 se hallan todos los grupos, cuyas medias no difieren de manera significativa (cuadro 6-11).

Cuadro 6-11. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea cajones a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos
	1 X
3 años	5.15
4 años	5.34
5 años	5.53
6 años	5.81

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

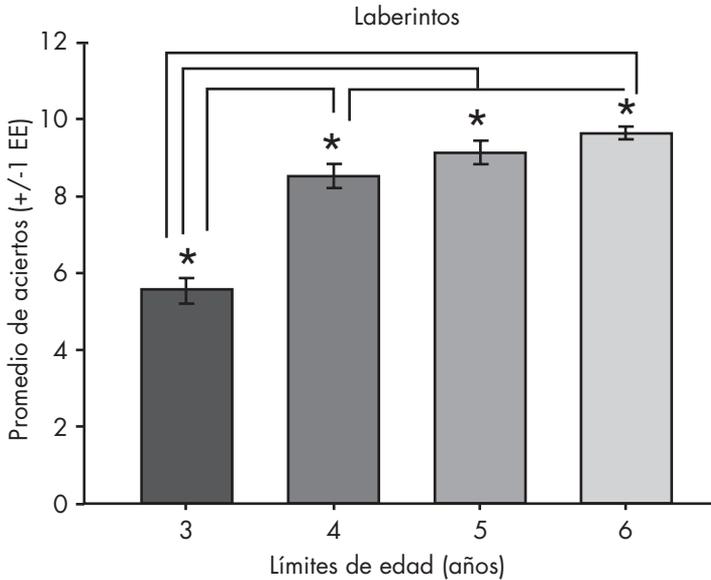


Figura 6-12. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba laberintos por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Planeación

Laberintos

En la prueba de laberintos se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 5.53$; $DE = 2.03$); 4 años ($X = 8.53$; $DE = 1.78$); 5 años ($X = 9.13$; $DE = 1.74$); 6 años ($X = 9.63$; $DE = 0.91$).

Con el análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 4.64$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra todos los grupos, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-12.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey hace posible clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con la semejanza existente entre sus medias. Por consiguiente, en el subgrupo 1 se halla sólo el grupo de 3 años, que difiere de los siguientes subgrupos. En el subgrupo 2 está incluido sólo el grupo de 4 años, que se diferencia de los subgrupos anterior y posterior. En el tercer subgrupo se encuentran dos grupos (5 y 6 años), cuyas medias no difieren en grado significativo (cuadro 6-12).

Cartero

En la prueba cartero se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 2.31$; $DE = 1.40$); 4 años ($X = 3.81$; $DE = 2.30$); 5 años ($X = 5.37$; $DE = 2.41$); 6 años ($X = 5.75$; $DE = 2.32$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 16.76$; $p =$

Cuadro 6-12. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea de laberintos a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	5.53		
4 años		8.53	
5 años			9.12
6 años			9.62

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de semejanza existente entre sus medias.

0.00) entre el grupo de 3 años, respecto de todos los grupos, y entre el grupo de 4 y los grupos de 5 y 6 años. Los resultados se observan de forma esquemática en la figura 6-13.

Mediante el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. Por lo tanto, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años, que difiere de los siguientes subgrupos. En el subgrupo 2 se aloja sólo el grupo de 4 años, que se diferencia de los subgrupos anterior y siguiente. En el tercer subgrupo están comprendidos dos grupos (5 y 6 años), cuyas medias no difieren de forma significativa (cuadro 6-13).

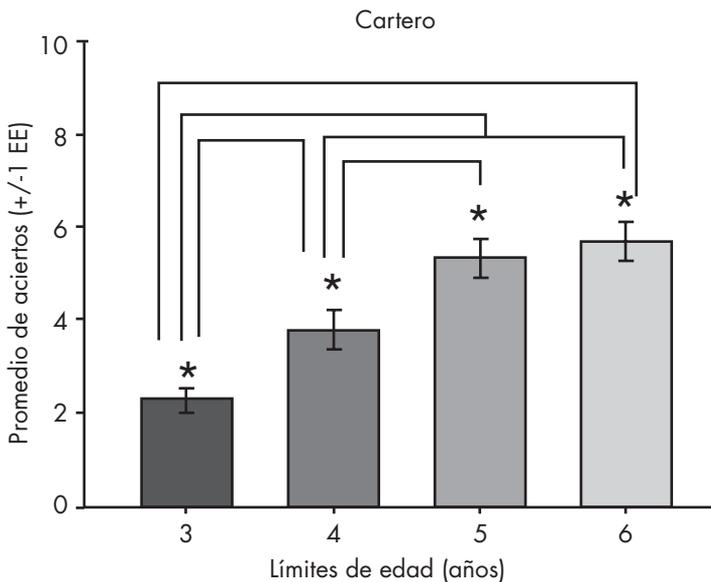


Figura 6-13. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba cartero por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Cuadro 6-13. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea carteros a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	2.31		
4 años	3.81		
5 años	5.37		
6 años	5.75		

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

Abstracción

Absurdos

En la prueba de absurdos se identificó un aumento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 4.25$; $DE = 2.15$); 4 años ($X = 6.41$; $DE = 2.59$); 5 años ($X = 7.50$; $DE = 1.65$); 6 años ($X = 7.97$; $DE = 1.51$).

El análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) reconoció diferencias estadísticamente significativas ($F = 21.47$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, en comparación con todos los grupos, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-14.

A partir del análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años, que difiere de los siguientes subgrupos. En el subgrupo 2 se halla sólo el grupo de 4 años, que diverge de los subgrupos anterior y posterior. En el tercer subgrupo se encuentran dos grupos (5 y 6 años), cuyas medias no difieren de manera significativa (cuadro 6-14).

Procesamiento del riesgo-beneficio

Juego de apuesta

En la prueba de juego de apuesta no se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 51.97$; $DE = 23.10$); 4 años ($X = 50.52$; $DE = 24.54$); 5 años ($X = 49.16$; $DE = 13.38$); 6 años ($X = 46.77$; $DE = 20.25$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) no se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 0.36$; $p = 0.79$). Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-15.

Mediante el análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en un solo subgrupo, de acuerdo con el parecido existente

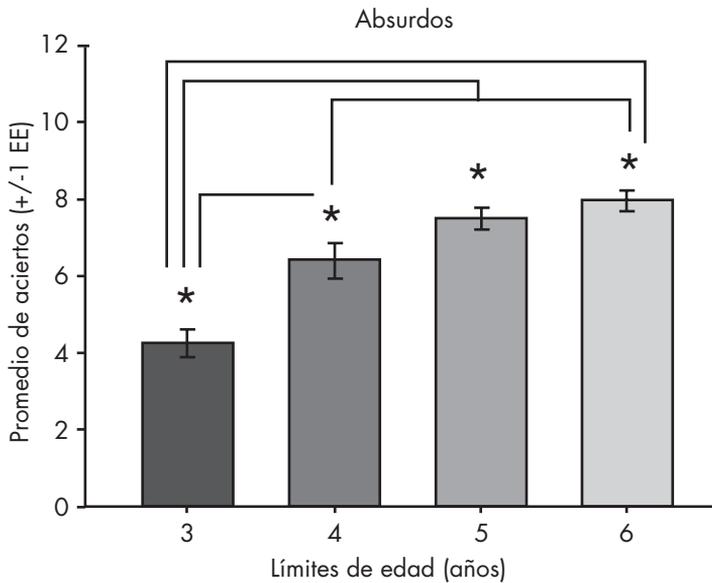


Figura 6-14. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos en la prueba absurdos por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 se hallan todos los grupos, cuyas medias no difieren de manera significativa (cuadro 6-15).

Demora de la gratificación

El análisis Z reconoció un aumento del porcentaje de posibilidad de esperar al futuro (después) en relación con la edad: 3 años (69%); 4 años (69%); 5 años (75%); 6 años (78%). Además, registró un decremento del porcentaje de respuestas de gratificación inmediata (ahora) relacionado con la edad: 3 años (31%); 4 años (31%); 5 años (25%); 6 años (21%). Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-16.

Cuadro 6-14. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de aciertos en la tarea carteros a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	4.25		
4 años	6.41		
5 años	7.50		
6 años	7.97		

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de semejanza existente entre sus medias.

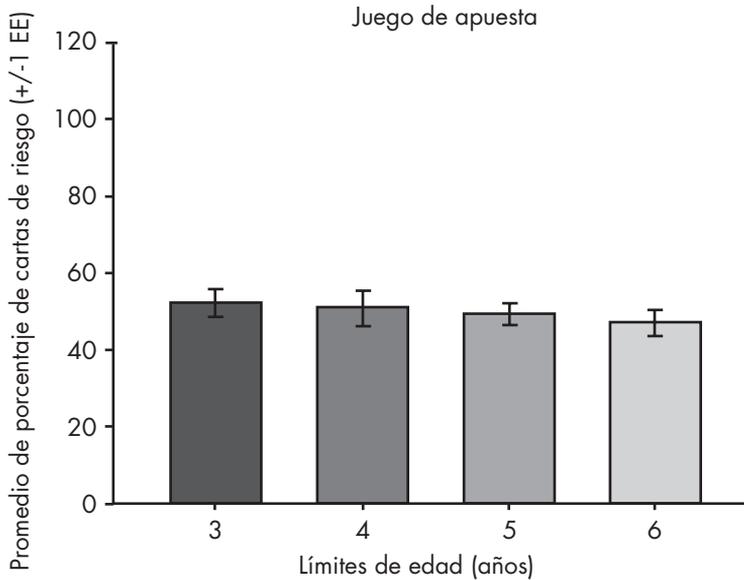


Figura 6-15. Gráfica del promedio de porcentaje de cartas de riesgo en la prueba de juego de apuesta por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Con base en las comparaciones en dichas proporciones no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos límites de edad.

Total de inhibición

Para obtener el total de inhibición se codificó la suma de los aciertos obtenidos en las tareas Stroop ángel-diablo, Stroop día-noche y puño-dedo.

En el total de inhibición se reconoció un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 39.96$; $DE = 16.54$); 4 años ($X = 54.28$; $DE = 9.65$); 5 años ($X = 59.65$; $DE = 4.90$); 6 años ($X = 59.43$; $DE = 6.59$).

Cuadro 6-15. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de porcentaje de cartas de riesgo, en la prueba de juego, a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos
	1 X
3 años	51.97
4 años	50.52
5 años	49.16
6 años	46.77

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

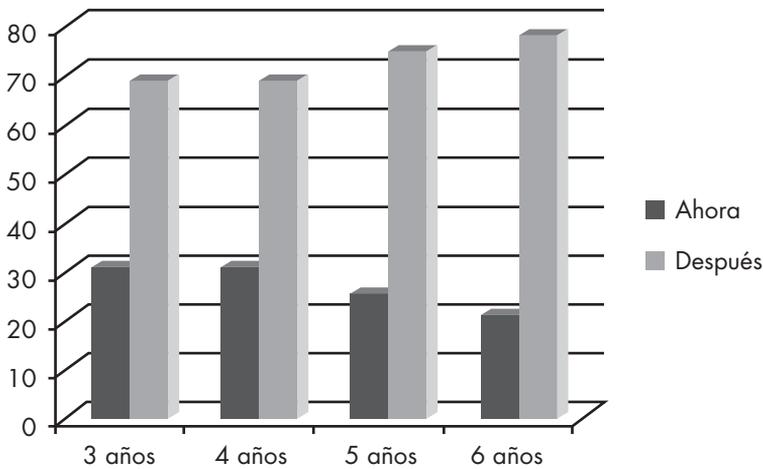


Figura 6-16. Gráfica del promedio de porcentaje de respuestas ahora – después en la prueba de demora de la gratificación por cada grupo de edad.

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 25.19$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, respecto de todos los grupos. Los resultados se presentan de modo esquemático en la figura 6-17.

A través del análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey es posible clasificar a los grupos en dos subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 está incluido sólo el grupo de 3 años que difiere del siguiente subgrupo. Por su parte, en el subgrupo 2 se hallan los grupos de 4, 5 y 6 años, cuyas medias no se diferencian de forma significativa (cuadro 6-16).

Total de memoria de trabajo

Para obtener el total de memoria de trabajo se codificó la suma de los aciertos obtenidos en las tareas cubos en regresión, dígitos en regresión y hora de la comida.

Cuadro 6-16. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de puntaje en el total de inhibición a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	39.96	
4 años		54.28
5 años		59.43
6 años		59.65

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de semejanza entre sus medias.

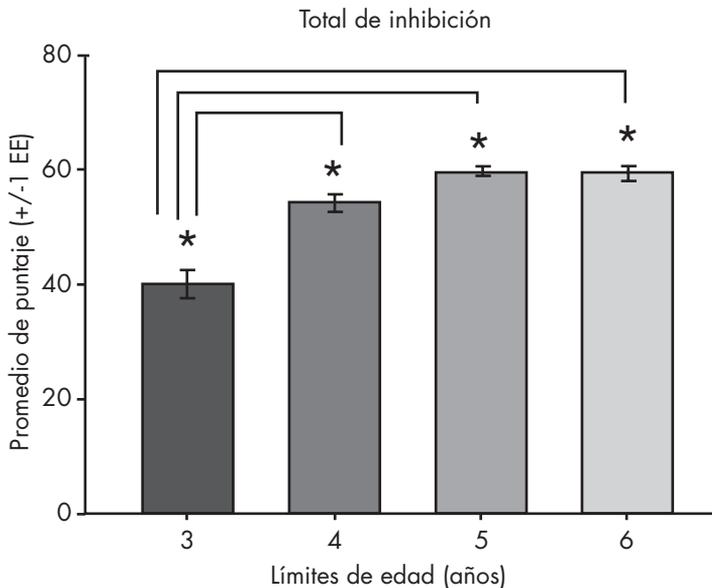


Figura 6-17. Gráfica del promedio del puntaje total de inhibición por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco (* $p \leq 0.05$).

En el total de memoria de trabajo se encontró un aumento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 3.65$; $DE = 3.02$); 4 años ($X = 6.03$; $DE = 4.02$); 5 años ($X = 9.18$; $DE = 4.67$); 6 años ($X = 11.40$; $DE = 4.40$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 22.41$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra los grupos de 5 y 6 años, así como entre el grupo de 4 años y los grupos de 5 y 6 años. Los resultados se describen de forma esquemática en la figura 6-18.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey permite clasificar a los grupos en dos subgrupos, de acuerdo con el parecido existente entre sus medias.

Cuadro 6-17. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de puntaje en el total de inhibición a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	3.65	
4 años	6.03	
5 años		9.18
6 años		11.40

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

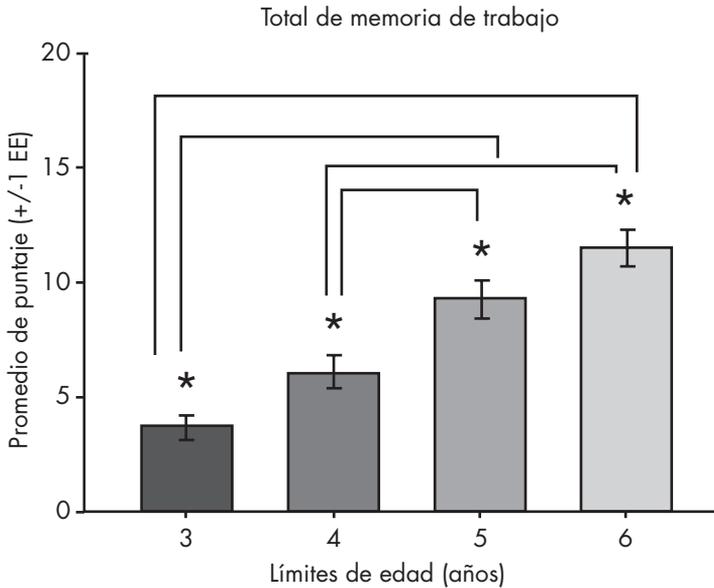


Figura 6-18. Gráfica del promedio del puntaje total de memoria de trabajo por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Por consiguiente, en el subgrupo 1 están incluidos los grupos de 3 y 4 años (las medias no difieren de manera significativa). Y en el subgrupo 2 están comprendidos los grupos de 5 y 6 años, cuyas medias no divergen de modo significativo (cuadro 6-17).

Total de flexibilidad mental

Para obtener el total de flexibilidad mental se codificó la suma de los aciertos obtenidos en las tareas categorización A, categorización B y cajones.

En el total de flexibilidad mental se reconoció un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 21.46$; $DE = 4.67$); 4 años ($X = 23.96$; $DE = 3.87$); 5 años ($X = 25.40$; $DE = 4.85$); 6 años ($X = 26.03$; $DE = 4.00$).

Cuadro 6-18. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de puntaje en el total de flexibilidad mental a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos	
	1	2
	X	X
3 años	21.46	
4 años	23.96	
5 años		25.40
6 años		26.03

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

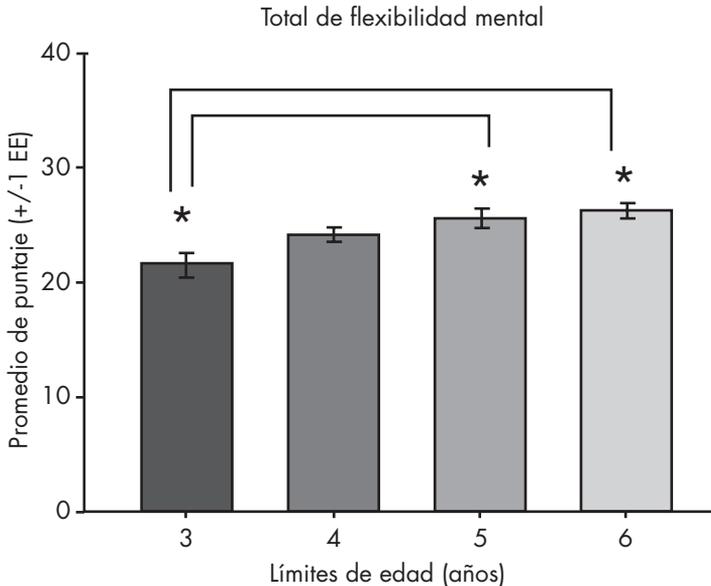


Figura 6-19. Gráfica del promedio del puntaje total de flexibilidad mental por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco (* $p \leq 0.05$).

Por medio del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 6.87$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, en comparación con los grupos de 5 y 6 años. Los resultados se presentan de forma esquemática en la figura 6-19.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey hace posible clasificar a los grupos en dos subgrupos, de acuerdo con la semejanza existente entre sus medias. Por lo tanto, en el subgrupo 1 están incluidos los grupos de 3 y 4 años (las medias no se diferencian de forma significativa). Y en el subgrupo 2 están incorporados los grupos de 5 y 6 años, cuyas medias no difieren en grado significativo (cuadro 6-18).

Cuadro 6-19. Tabla de subgrupos homogéneos de acuerdo con el promedio de puntaje en el total de planeación a partir del procedimiento HSD de Tukey

Grupo	Subgrupos		
	1	2	3
	X	X	X
3 años	7.68		
4 años	11.78		
5 años	13.12		
6 años	13.84		

Nota: la clasificación de los grupos se basa en el grado de parecido existente entre sus medias.

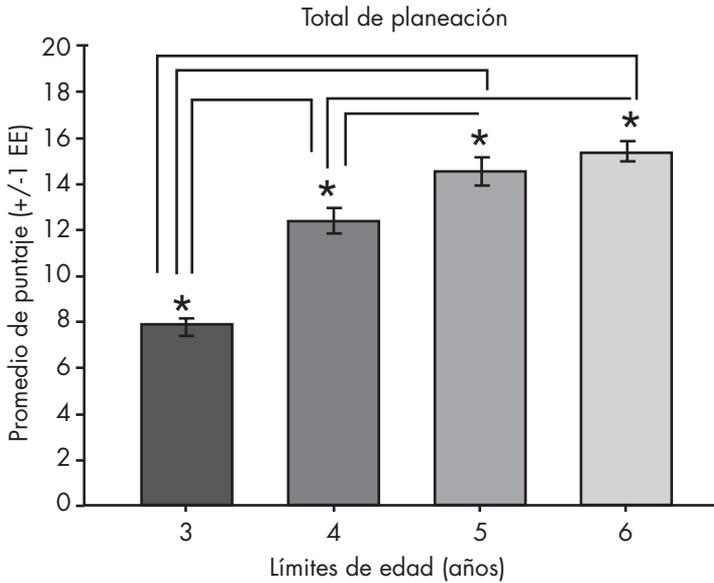


Figura 6-20. Gráfica del promedio del puntaje total de planeación por cada grupo de edad. Las diferencias estadísticamente significativas se indican mediante el asterisco ($*p \leq 0.05$).

Total de planeación

Para obtener el total de planeación se codificó la suma de los aciertos obtenidos en las tareas laberintos y cartero. En el total de planeación se encontró un incremento continuo del número de aciertos relacionado con la edad: 3 años ($X = 7.63$; $DE = 1.94$); 4 años ($X = 11.78$; $DE = 2.40$); 5 años ($X = 13.12$; $DE = 2.67$); 6 años ($X = 13.84$; $DE = 1.58$).

A través del análisis ANOVA (prueba *post hoc* de Tukey con ajuste a nivel de significancia < 0.05) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($F = 5.03$; $p = 0.00$) entre el grupo de 3 años, contra los otros grupos, y entre los grupos de 4 y 6 años. Los resultados se representan de forma esquemática en la figura 6-20.

El análisis de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey permite clasificar a los grupos en tres subgrupos, de acuerdo con la semejanza existente entre sus medias. En consecuencia, en el subgrupo 1 se halla el grupo de 3 años. En el subgrupo 2 está incluido el grupo de 4 años y en el tercer subgrupo se encuentran los grupos de 5 y 6 años, cuyas medias no divergen de manera significativa (cuadro 6-19).

Cuadro 6-20. Pruebas de ajuste de los dos modelos probados

Modelo	χ^2	p	CFI	RMSEA
1 factor	6.17	0.63	1.00	0.00
2 factores	27.48	0.00	0.89	0.13

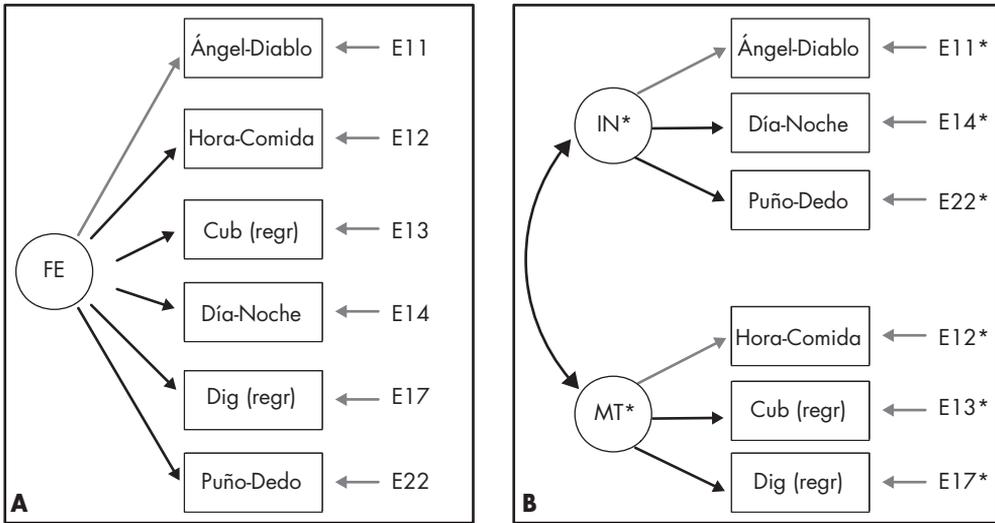


Figura 6-21. Se ilustran los modelos para el análisis factorial confirmatorio. **A**, modelo de un factor. **B**, modelo de dos factores. Los círculos en la figura representan las dos variables latentes (memoria de trabajo e inhibición), mientras que los rectángulos representan las variables manifiestas (es decir, las tareas individuales) que se usaron para evaluar las funciones específicas, como se indica en la recta, encabezados por una sola flecha. Las flechas curvas de doble punta representan las correlaciones entre las variables latentes. FE, funciones ejecutivas; IN, inhibición; MT, memoria de trabajo.

Estructura de las funciones ejecutivas y sus efectos directos

Para evaluar la estructura de las FE y sus efectos directos se empleó un modelo de ecuaciones estructurales (análisis confirmatorio y análisis de senderos).

1. Análisis factorial confirmatorio. Para especificar el grado en que los dos componentes (memoria de trabajo e inhibición) son unitarios o separables se utilizó el análisis factorial confirmatorio (figura 6-21).

El ajuste de los modelos se evaluó mediante varias pruebas estadísticas (cuadro 6-20): χ^2 , RMSEA y CFI.

χ^2 , ji cuadrada; RMSEA, raíz del error cuadrado de aproximación; CFI, índice de ajuste comparativo. Los valores de RMSEA menores de 0.06 y los índices CFI de 0.95 a 1.00 indican buen ajuste.

El modelo que más se ajustó fue el de dos factores (figura 6-22).

2. Análisis de senderos. Para el tercer objetivo se probó una serie de modelos de análisis de senderos (figura 6-23), con la finalidad de estudiar la forma en que cada uno de los componentes (memoria de trabajo e inhibición) contribuye al rendimiento de componentes más complejos (planeación y flexibilidad mental).

Con la realización de análisis de senderos y la comparación de diferentes modelos alternativos (modelos con tres y dos rutas) se trató de determinar la manera en que es necesario en realidad ajustar los datos o la ruta que puede eliminarse sin perjudicar de manera notoria los datos globales.

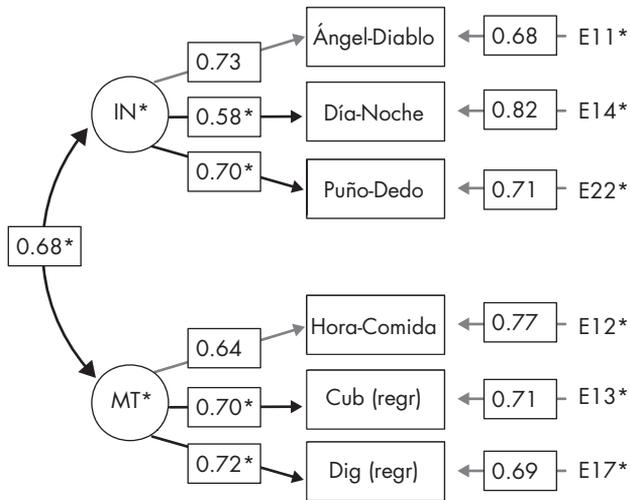


Figura 6-22. Modelo de dos factores que probó su ajuste de mejor forma. Los círculos en la figura representan las dos variables latentes (memoria de trabajo e inhibición), en tanto que los rectángulos representan las variables manifiestas (es decir, las tareas individuales) que se utilizaron para evaluar las funciones específicas, como se indica en la recta, encabezados por una sola flecha. Las flechas curvas de doble punta simbolizan las correlaciones entre las variables latentes. IN, inhibición; MT, memoria de trabajo.

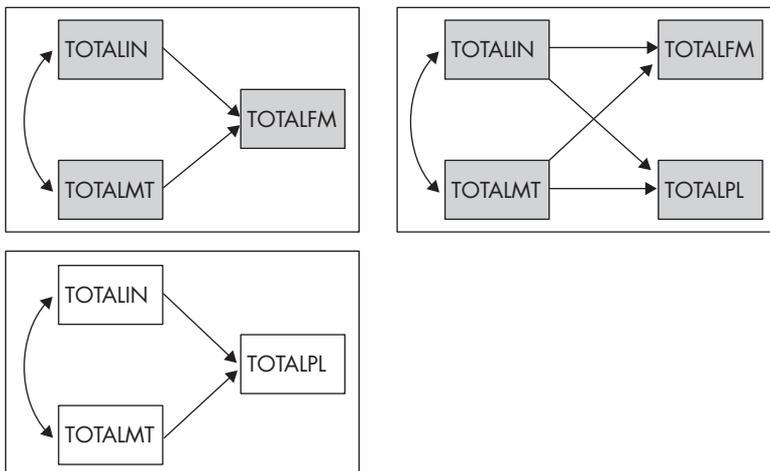


Figura 6-23. La ilustración muestra la lógica de los análisis de senderos. Los modelos incluyen el modelo factorial ajustado (figura 6-22) con la adición de una variable manifiesta a la derecha y las rutas posibles de cada variable latente a esa variable manifiesta. TOTALMT, memoria de trabajo; TOTALINH, inhibición; TOTALPLA, planeación; TOTALFM, flexibilidad mental.

Cuadro 6-21. Pruebas de ajuste de los dos modelos probados

Modelo	χ^2	p	CFI	RMSEA
A	0.00	1.00	-9.00	-9.00
B	0.00	1.00	-9.00	-9.00
C	0.06	0.80	1.00	0.00

Para evaluar el mejor ajuste de los modelos (cuadro 6-21) se determinaron el valor de χ^2 , el valor de RMSEA y el índice CFI.

χ^2 , ji cuadrada; RMSEA, raíz del error cuadrado de aproximación; CFI, índice de ajuste comparativo. Los valores de RMSEA menores de 0.06 y los índices CFI de 0.95 a 1.00 indican buen ajuste.

El modelo que mejor se ajustó fue el modelo C (figura 6-24).

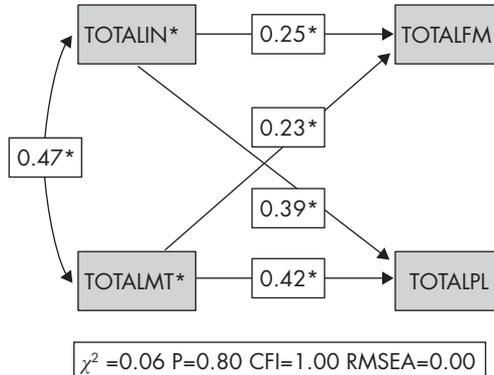


Figura 6-24. Modelo de senderos que probó su ajuste de mejor manera. TOTALMT, memoria de trabajo; TOTALINH, inhibición; TOTALPLA, planeación; TOTALFM, flexibilidad mental.

Discusión

La edad preescolar es un periodo crítico de transición y rápidos cambios en habilidades de FE (Carlson, 2005; Espy *et al.*, 1999; Wiebe, Sheffield, Mize, Clarck, Chevalien & Espy, 2011) y, como se ha descrito, se relaciona con la maduración de estructuras prefrontales (Diamond & Kirkham, 2005; Huttenlocher & Dabholkar, 1997).

Su estudio ha girado en torno de tres objetivos principales (Best, 2009): la identificación de las trayectorias de distintos componentes, su estructura y la relación entre sus componentes.

A pesar de las aproximaciones recientes por tratar de identificar las trayectorias en el desarrollo de distintos componentes de las FE, aún es imposible reconocer trayectorias completas. Los hallazgos referentes a la estructura de las FE en la edad preescolar son insuficientes (Hugues *et al.*, 2010; Wiebe *et al.*, 2008) para caracterizar el aspecto que pueden compartir las FE en la edad preescolar y analizar la forma en que se relacionan estos componentes.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue identificar las trayectorias en el desarrollo preescolar de distintos componentes de FE, incluidos inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad, planeación, procesamiento de riesgo-beneficio y abstracción.

A continuación se presentan los hallazgos en cada uno de estos componentes:

I. Trayectorias de desarrollo a. Inhibición

A partir de los hallazgos de este estudio fue posible detectar un rápido incremento de la ejecución de tareas que evalúan la inhibición; se registró un aumento del número de aciertos en relación con la edad. Asimismo, se observó un nexo con la maduración de las CPF medial y dorsolateral, descrita por otros autores (Cassey *et al.*, 1997; Durston *et al.*, 2006).

También fue posible identificar las diferencias en el desarrollo dependientes de la tarea empleada (puño-dedo, Stroop ángel-diablo y Stroop día-noche).

La ejecución se incrementa en las tareas Stroop día-noche y puño-dedo hasta los 4 años de edad y con posterioridad se mantiene sin diferencias significativas hasta los 6 años de edad. Estos datos coinciden con los informes de Carlson y Moses (2001), Klenberg y colaboradores (2001) y Sabbagh y colaboradores (2006). Por su parte, en la tarea Stroop ángel-diablo se reconoció un aumento continuo y significativo de los 3 a los 4 y de los 4 a los 5 años. Los logros alcanzados a los 5 años de edad no difieren en grado significativo de los correspondientes a los 6 años; estos hallazgos concuerdan con los de Gestard y colaboradores (2001).

Tales diferencias en los logros en tareas de inhibición señalan diferentes exigencias cognitivas (Best & Miller, 2010); algunos autores aducen que la tarea puño-dedo se diferencia de las tareas Stroop día-noche y Stroop ángel-diablo en que estas dos últimas no son medidas puras de inhibición (Lacoboni & Dapretto, 2006; Simpson & Riggs, 2005), dado que también requieren una cantidad mínima de memoria de trabajo.

Es posible reconocer progresos en tareas de inhibición y tareas que exigen inhibición y memoria de trabajo en la edad preescolar (Carlson, 2005; Gerstadt *et al.*, 1994); dichos progresos se distinguen por un aumento de la eficiencia para anular respuestas dominantes y se diferencian de la edad escolar, en la cual las mejorías implican un aumento cuantitativo de la precisión (Romine & Reynolds, 2005; Rueda *et al.*, 2004).

Tales resultados se relacionan con los datos de estudios de neuroimagen (como la resonancia magnética funcional), que documentan la eficiencia creciente del SNC y una mayor integración de la CPF, reflejadas en la respuesta neural subyacente a la respuesta de inhibición (Casey *et al.*, 1997).

Casey y colaboradores (1997) observaron incrementos en el volumen de activación en los niños durante la condición *no-go*, en la parte dorsal y lateral de la CPF. Por otra parte, Durston y colaboradores (2006) informaron que la activación en la CPF aumentó entre las edades de 9 y 11 años, en particular en regiones ventrales, y ésta se correlacionó con el desempeño de tareas de inhibición, mientras que la actividad dorsolateral se redujo con la edad. Ambos autores, Casey y colaboradores (1997) y Durston y colaboradores (2006), sugieren que el aumento de la activación en los niños puede corresponder a la ineficiencia del mecanismo de la inhibición, ya que el desarrollo neuronal se caracteriza por una mayor localización de la actividad de regiones del cerebro en relación directa con la respuesta de comportamiento y disminución de la actividad en regiones del cerebro complementarias.

b. Memoria de trabajo

Al igual que la inhibición, la investigación sobre las trayectorias de memoria de trabajo ha resultado complicada por las características de las distintas tareas de evaluación. Éstas son diversas, desde tareas específicas que sólo incluyen el mantenimiento de la información (p. ej., dígitos en progresión, memorización de patrones visuales) hasta tareas complejas que requieren el mantenimiento y la manipulación de la información (p. ej., cubos en progresión).

A partir de los resultados de esta investigación fue posible identificar logros en la ejecución en tareas de memoria de trabajo en la edad preescolar, al igual que en protocolos previos (Carlson *et al.*, 2005; Davidson *et al.*, 2006; Penenquin *et al.*,

2010), a diferencia de otros autores que proponían un desempeño estático en esta etapa (Luciana & Nelson, 1998).

Ya se ha señalado que las mejoras observadas en memoria de trabajo se relacionan con la complejidad y demandas de las diferentes tareas (Luciana *et al.*, 2005). Es decir, ante tareas de **dígitos en regresión** se observa un incremento continuo y significativo de los 4 a los 5 años, que permanece estable hasta los 6. En cambio, en las tareas **cubos en regresión y hora de la comida** (memoria de trabajo visoespacial), los aumentos significativos ocurren entre los 3 y los 5 años y de los 5 a los 6, cuando la ejecución entre los niños de 3 y 4 años no difiere, ni la ejecución de los de 5 y 6 años.

Estos cambios sugieren un red funcional especializada en memoria de trabajo (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002) y un desarrollo gradual de habilidades relacionadas con el mantenimiento y manipulación de la información auditivo-verbal y visoespacial. Scherf, Sweeney y Luna (2006) informaron dos cambios cualitativos (ubicación de la activación cerebral) y los cambios cuantitativos (cantidad de activación) ante la ejecución de una tarea de memoria de trabajo visoespacial, que en la niñez se caracterizaba por ser mayor en regiones ventromediales y en la adolescencia por un desplazamiento hacia la región dorsolateral derecha; en la edad adulta, la actividad fue más específica para la región dorsolateral izquierda, con disminución de la activación de la CPF dorsolateral derecha.

c. Flexibilidad mental

Los hallazgos en estas investigaciones señalan que la trayectoria de los procesos de flexibilidad mental mejoran con la edad (Anderson, 2002; Cepeda, Kramer & González de Sather, 2001; Crone, 2007; Crone *et al.*, 2006; Garon *et al.*, 2008; Somsen, 2007). Las mejoras, al igual que en los procesos anteriores, también son dependientes de la demanda y complejidad de la tarea.

En la tarea de **categorización A** se registró un aumento continuo del número de aciertos por efecto de la edad. Se reconoció además que las medias de los grupos de 3, 4 y 5 años difieren de forma significativa, no así las medias de los grupos de 5 y 6 años de edad. Por otro lado, en la tarea de **categorización B** se advierte un incremento notable de los 4 a los 5 años de edad y no se registran diferencias entre los grupos de 3 y 4 años, ni entre los de 5 y 6 años. Con la tarea de **cajones** no se hallaron divergencias relacionadas con la edad, por lo que se ha sugerido que la tarea de cajones no es una prueba sensible en la evaluación de procesos de flexibilidad mental en la edad preescolar la manera en la que se esta evaluando la ejecución de los preescolares.

Las diferencias en la ejecución de los niños en edad preescolar, ante las tareas de categorización A y B, pueden relacionarse con la capacidad para cambiar con éxito entre dos conjuntos cuando las reglas se proporcionan (categorización A) o no (categorización B), ya que requieren distinto grado de procesamiento (Hughes, 1998).

Diversos autores han identificado que las mejoras en el desarrollo de flexibilidad mental, frente a tareas similares de categorización A, se relacionan con la interacción entre memoria de trabajo e inhibición (Zelazo, 1996; Carlson & Moses, 2001; Rennin *et al.*, 2004, Diamond *et al.*, 2005; Dibbets & Jolles, 2006), dado que exigen que los niños mantengan la información e inhiban la regla de clasificación anterior.

Por su parte, la complejidad ante tareas similares a las de la categorización B aumenta porque es necesario que, además de que los niños mantengan la información e inhiban las respuestas, deduzcan la regla correcta en ese momento y respondan en consecuencia. Esto significa que, al margen de requerir el cambio entre una tarea y otra, es necesaria la posibilidad de abstraer el criterio de clasificación (Zelazo & Bunge, 2006).

Los estudios de resonancia magnética funcional demuestran la intervención de múltiples regiones de la CPF y otras regiones posteriores con tareas de flexibilidad mental. Rubia y colaboradores (2006) comunicaron una mayor activación en el giro inferior frontal y parietal, el cíngulo anterior y la CPFDL; asimismo, demostraron que en la adolescencia el patrón de actividad decrece en la CPFDL y aumenta en el cíngulo anterior, ante el cambio de un criterio a otro. Rubia y colaboradores (2006) relacionaron la mayor actividad en el cíngulo anterior con un reflejo de maduración de los procesos de monitoreo de conflictos, en tanto que la mayor activación de la CPFDL refleja una mayor especificidad neural, similar a la explicación ofrecida por Casey y colaboradores (1997) con respecto a la activación frente a tareas de inhibición.

d. Planeación

A partir de los resultados de esta investigación es posible reconocer que el incremento de las habilidades de planeación secuencial y visoespacial siguen un curso progresivo con la edad (Atance & Jackson, 1999; Carlson *et al.*, 2004), a diferencia de lo postulado por Luciana y Nelson (1998), quienes no identificaron diferencias en la ejecución entre niños de 4 y 8 años ante una tarea de planeación secuencial (TOL).

Esta investigación reconoció que ante las tareas de **laberintos** y **cartero** no se registran diferencias en la media de aciertos entre los niños de 3 y 4 años, pero sí entre los de 4 y 5, además de que las medias de los grupos de 5 y 6 resultan homogéneas.

Estas diferencias se relacionan a su vez con la interacción entre memoria de trabajo e inhibición (Zelazo, 1996; Carlson & Moses, 2001).

En cuanto a los cambios cerebrales relacionados con el desarrollo de capacidades de planeación, otros estudios sugieren que, éstos se caracterizan por aumentos de la organización de la materia blanca en regiones de la CPFDL (Luciana *et al.*, 2007).

e. Procesamiento de riesgo-beneficio

El procesamiento de riesgo-beneficio siguió un aumento lineal y los datos concuerdan con los informes de otros estudios (Atance & Jackson, 2009; Carlson & Moses, 2001; Kerr & Zelazo, 2004; Klenberg, Korkman, Latí, 2001; Liberman *et al.*, 2007; Zelazo *et al.*, 2002), en los cuales, ante tareas de menor complejidad como la “demora del regalo”, los niños de 3 años prefieren el regalo inmediato (aunque menor), a diferencia de los mayores de 4 años que se inclinan por el regalo demorado (que es mayor). Sin embargo, estos datos no son consistentes respecto de la ejecución de la tarea “juego de apuesta” en la que no se reconocen diferencias sobre la elección de cartas, de acuerdo con la edad (Garon & More, 2004). Es probable que esto se relacione con las demandas solicitadas.

La dificultad en el juego de apuesta puede deberse a que la tarea exige la abstracción, operación y formulación de dos reglas de alto nivel (Kerr & Zelazo, 2004).

También se han sugerido otras posibilidades; por ejemplo, Roll (1999) subraya la dificultad en la reinterpretación de reforzamiento de dos valores. Es decir, la tarea del juego de apuesta, además de evaluar el procesamiento de riesgo-beneficio, necesita la representación de reglas de alto orden, por ejemplo **sí- entonces, y entonces logran** (Dibbets & Jolles, 2006). De modo adicional, entre los 4 y 5 años los niños pueden referir qué cartas les daban más puntos, si bien no es posible reconocer cambios en su ejecución.

La detección de condiciones de riesgo se ha relacionado con la activación de la región ventromedial (Bechara, Damasio & Damasio, 2000), así como con la maduración de esta región (Zelazo & Müller, 2002).

f. Abstracción

Los hallazgos de este estudio sugieren cambios progresivos en los niveles de abstracción en la edad preescolar y logran identificar progresos significativos de los 3 a los 5 años que se mantienen hasta los 6 años.

Estos hallazgos apoyan la teoría del control y complejidad cognitiva (Zelazo & Frye, 1998). Desde esta perspectiva, los cambios vinculados con la edad también dependen del grado de complejidad de reglas que los niños consiguen formular. El uso de normas explícitas se desarrolla gradualmente a lo largo de la infancia (Bunge & Zelazo, 2006). Cuando los niños crecen, suelen ser cada vez más aptos en la utilización de reglas explícitas para resolver problemas. Los hallazgos en el desarrollo indican que los niños adquirieron primero la capacidad de emplear una sola regla, después la posibilidad de cambiar de forma flexible entre dos normas y luego la posibilidad de cambiar de forma flexible entre dos pares de normas incompatibles (Zelazo *et al.*, 2003).

No obstante, a pesar de que a los 3 años los preescolares ya pueden representar un par de reglas consecutivas, tienen dificultad para cambiar entre dos reglas, por ejemplo en la tarea de **categorización B** que exige mantener las reglas y cambiar entre éstas (Bunge & Zelazo, 2006).

Entre los 4 y 5 años, los niños logran **cambiar entre una regla y otra**, así como representar reglas de alto orden, por ejemplo **sí- entonces, y entonces logran** (Dibbets & Jolles, 2006), y son capaces de indicar qué cartas les ofrecen más puntos en el juego de apuesta. Sin embargo, no fue posible reconocer cambios en su ejecución en la edad preescolar.

Los datos descritos en esta obra tienen sustento en las evidencias que indican que las reglas de primer nivel se incrementan de forma espectacular durante los tres primeros años, y se han relacionado con los cambios en la COF, mientras que los aumentos en las reglas de segundo y tercer niveles revelan cambios rápidos entre los 2 y 5 años que delinearían la maduración de regiones dorsolaterales (Bunge & Zelazo, 2006).

II. Estructura de las FE

Aunque la estructura de las FE refleja unidad y diversidad aplicables desde la edad escolar hasta la etapa adulta (Anderson *et al.*, 2001; Bull y Scerif, 2001; Huizniga *et al.*, 2006; Lehto *et al.*, 2003; Miyake *et al.*, 2000; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006), se ha afirmado que la estructura de las FE puede describirse por un solo factor en la etapa preescolar (Hughes *et al.*, 2008; Wiebe *et al.*, 2008), que incluye al menos dos componentes (memoria de trabajo e inhibición). El segundo objetivo de esta in-

investigación fue determinar en qué medida estos dos componentes son unitarios o separables, para lo cual se probaron dos análisis factoriales confirmatorios (de uno y dos factores).

A diferencia de las revisiones anteriores en niños preescolares de 3 años (Wiebe, Espy & Charak, 2008), estos resultados señalan que las FE (incluidos los límites de los 3 a los 6 años) no pueden considerarse en la edad preescolar un factor unitario porque incorporan al menos dos factores (memoria de trabajo e inhibición), para cada uno de los cuales se ha reconocido una trayectoria particular.

También se identificaron diferencias entre la población en edad escolar y los adultos (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa, 2001; Asato, Sweeney & Luna, 2006; Bull & Scerif, 2001; Hughes, 1998; Huizinga, Dolan & Van der Molen, 2006; Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003; Miyake *et al.*, 2000; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Se ha postulado que en los adultos es posible diferenciar al menos cuatro factores dentro de las FE, es decir, aunque la estructura de las FE refleja unidad y diversidad aplicables a partir de la niñez tardía hacia la vida adulta, se diferencia de la infancia temprana (Wiebe *et al.*, 2008; Tucker-Drobb, 2009; Garon *et al.*, 2008; Hugues, 2002). Estos datos también indican que el grado de unidad e independencia de uno, dos, tres y cuatro componentes puede modificar el desarrollo.

La unidad de los dos componentes en los tres primeros años de vida (Wiebe *et al.*, 2008) puede anteceder a una independencia, pero relación de los 3 a los 6 años, periodo en el que se coordinan, como lo sugieren los resultados de esta investigación.

III. Relación entre los componentes incluidos en las funciones ejecutivas

A partir del estudio de la relación de los componentes incluidos en la estructura de las FE, se ha delineado la importancia de considerar múltiples niveles de los componentes de FE (Senn *et al.*, 2004): componentes menores (memoria de trabajo e inhibición) y componentes mayores (planeación y solución de problemas). Se ha resaltado el estudio de la implicación de los componentes menores en los mayores, lo cual muestra la causalidad entre procesos de memoria de trabajo e inhibición en procesos de planeación y flexibilidad mental (Huiziga *et al.*, 2006; Miyake *et al.*, 2000; Senn *et al.*, 2004); pese a ello, son pocos los estudios desarrollados en la edad preescolar (Senn *et al.*, 2004). En consecuencia, el tercer objetivo fue evaluar en qué medida los componentes menores memoria de trabajo e inhibición contribuyen al rendimiento de los componentes mayores planeación y flexibilidad mental. A partir del análisis de senderos se reconoció que los logros en inhibición y memoria de trabajo contribuyen a las mejoras en flexibilidad mental y planeación, dado que exigen el mantenimiento y la manipulación de la información y aspectos de inhibición (Garon *et al.*, 2008).

La implicación de memoria de trabajo y la inhibición en tareas de flexibilidad mental señalan que, para que los niños logren cambiar un criterio por otro, deben ser capaces de mantener una respuesta establecida (memoria de trabajo), y luego de inhibir la activación de una respuesta previa, para ejecutar una respuesta. Por otra parte, la implicación en habilidades de planeación se relaciona con la exigencia de mantener y manipular el número y localización de los elementos, con la posibilidad de inhibir la ruta más inmediata y seguir la más efectiva (Atance & Jackson, 2009; Carlson *et al.*, 2004).

Conclusiones

El primer paso para comprender el desarrollo de las FE en la edad preescolar consiste en tratar de reconocer su secuencia normal en el desarrollo (Anderson, 2002). Se ha observado que los diferentes componentes (memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad mental, procesamiento de riesgo-beneficio y abstracción) siguen una secuencia de desarrollo particular y las mejorías significativas en cada proceso se presentan en distintos periodos.

Se ha reconocido una moderada relación entre los procesos de inhibición y memoria de trabajo, así como su separabilidad.

Se ha identificado que las mejorías en el desarrollo de las FE guardan relación con la interacción entre memoria de trabajo e inhibición.

Las dificultades en tareas de flexibilidad mental y planeación se relacionan con las dificultades para mantener la información por un tiempo e inhibir respuestas dominantes.

La unidad estructural de las FE en edades muy tempranas cambia a través del desarrollo y es cada vez más multifacética, en vínculo con la maduración e integración de diferentes regiones de la CPF. Los estudios de neuroimagen reconocen que los niños presentan un patrón de actividad más difusa ante tareas de FE y los adultos un patrón muchos más específico, lo cual lleva a pensar que esta disminución indica un aumento de la eficiencia neural que da lugar a mejorías sutiles en la respuestas (caracterizadas por una mayor eficiencia y menor esfuerzo) y la posibilidad de resolver tareas de mayor complejidad.

Implicaciones

El primer paso para entender el desarrollo de las FE en la edad preescolar debe ser el reconocimiento de su secuencia normal en el desarrollo. Una forma de inferir la estructura de las FE es el estudio del desarrollo temprano y el uso de métodos estadísticos avanzados que permiten identificar la interrelación de sus distintos componentes.

El estudio en la edad preescolar hace posible identificar los precursores de cada componente, reconocer las mejorías significativas en las tareas que se producen en este periodo de la edad adulta, observar las distintas trayectorias de cada componente y considerar los impedimentos como parte del proceso normal.

La identificación del desarrollo normal favorecerá la identificación del desarrollo patológico y en este último beneficiaría la creación de intervenciones oportunas y eficaces, en niños con dificultades tempranas.

Bibliografía

- Anderson, P. (2002) Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Anderson, V., Northam, E., Hendy, J., & Wrennal, J. (2001). *Developmental neuropsychology: a clinical approach*. Hove: Psychology Press.
- Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385-406.
- Arnsten, A., Robbins, T. (2002). Neurochemical modulation of prefrontal function in humans and animals. En: Stuss, D., Knight, R. (eds). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University, 51-84.
- Asato, M., Sweeney, J., & Luna, B. (2006). *Development and psychopathology*. Cambridge University Press, 20, 1103-1132.
- Atance, C., & Jackson, L. (2009). The development and coherence of future oriented behaviors during the preschool year. *Journal of Experimental Child Psychology*, 4, 379-391.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5-28.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews: Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baker, S., Rogers, R., Owen, A., Frith, C., Dolan, R., Frackowiak, R., & Robbins, T. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the Tower of London task. *Neuropsychologia*, 34(6), 515-526.
- Baker, K., Segalowitz, S., & Ferlisi, M. (2001). The effect of differing scoring methods for the Tower of London Task on developmental patterns of performance. *The Clinical Neuropsychologist*, 15, 309-313.
- Bechara, A. (2000). The development of a card task known as 'the gambling task'. *Cortex*, 10(3), 295-307.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.

- Best, J., & Miller, P. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*, 1641–1660.
- Best, J., Miller, P., & Jones, L. (2009). Executive functions after age 5: changes and correlates. *Developmental Review, 29*, 180–200.
- Brocky, K., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology, 26*(2), 571–593.
- Brown, T. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research (methodology in the social sciences)*. Guilford Press.
- Browne, M., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. En: Bollen, K.A., & Long, J.S. (Eds.) *Testing structural equation models*. pp. 136–162.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Development Neuropsychology, 19*(3), 273–93.
- Bunge, S., & Zelazo, P. (2006). A brain-based account of the development of rule use in childhood. *Current Directions in Psychological Science, 15*(3), 118–121.
- Carlson, S.M., & Moses, L.J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development, 72*, 1032–1053.
- Carlson, S., Moses, L., & Claxton, L. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: an investigation of inhibitory control and planning ability. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*, 299–319.
- Carlson, S. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 28*, 595–616.
- Carlson, S., & Wang, T. (2007). Inhibitory control and emotion regulation in preschool children. *Cognitive Development, 22*, 489–510.
- Casey, B., Trainor R., Orendi, J., Schubert, A., Nystrom, L., Giedd, J., Castellanos, F., Haxby, J., Noll, D., Cohen, J., Forman, S., Dahl, R., & Rapoport, J. (1997). A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go-nogo task. *Journal of Cognitive Neuroscience, 9*, 835–847.
- Casey, B., Giedd, J., & Thomas, K. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology, 54*, 241–257.
- Cepeda, N., Kramer, A., & Gonzalez de Sather, J. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology, 37*, 715–730.
- Chambers, I., Colby, D., Robertson, G., Nichols, J., Lee, S., Tweedie, S., & Smith, A. (2003). Functional expression cloning of nanog, a pluripotency sustaining factor in embryonic stem cells. *Cell, 113*, 643–655.
- Chugani, H. (1998). Biological basis of emotions: brain systems and brain development. *Pediatrics, 102*, 1225–1229.
- Clasen, L., Evans, A., Rapoport, J., Giedd, J., & Wise, S. (2008). Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *Journal of Neuroscience, 28*, 3586–3594.
- Corsi, P. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. Dissertation. *Abstracts International, 34*, 819. University Microfilms.
- Crone, E., Wendelken, C., Donohue, S., & Bunge, S. (2006). Neural evidence for dissociable components of task-switching. *Cerebral Cortex, 16*, 475–486.
- Damasio, A. (1994). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En: Weiskrantz L. (Ed.). *The prefrontal cortex: executive and cognitive functions*. Nueva York: Oxford University Press.
- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A., & Damasio, A. (1994). The return of Phineas Gage: the skull of a famous patient yields clues about the brain. *Science, 264*, 1102–1105.
- Davidson, M., Amso, D., Crues, L., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions, from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia, 44*, 2037–2078.

- De Luca, C., Wood, S., Anderson, V., Buchanan, J., Proffitt, T., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the CANTAB I: development of executive functions over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(2), 242-254.
- Diamond, A., Briand, L., Fossella, J., & Gehlbach, L. (2004). Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. *American Journal of Psychiatry*, 161, 125-132.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. En: Bialystok E., & Craik F. (eds.). *Lifespan cognition: mechanisms of change*. New York: Oxford University Press. 70-95.
- Diamond, A., & Kirkham, N. (2005). Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. *Psychological Science*, 16, 291-297.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. En: Stuss, D., Knight, R. (Eds.), *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford. 466-503.
- Diamond, A., Carlson, S., & Beck, D. (2005). Preschool children's performance in task switching on the dimensional change card sort task: separating dimensions aids the ability to switch. *Developmental Neuropsychology*, 28, 689-729.
- Diamond, A., Kirkham, N., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, 38, 352-362.
- Dibbet, P., & Jolles, J. (2006). The switch task for children: Measuring mental flexibility in young children. *Cognitive Development*, 21, 60-71.
- Durston, S., Davidson, M., Tottenham, T., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J., Casey, B. (2006). A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Developmental Science*, 9(1), 1-8.
- Elliot, R., Dolan, R., Frith, C. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: Evidence from human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 10, 308-317.
- Espy, K. (1997). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 436-452.
- Espy, K. (1997). The shape school: assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13, 495-499.
- Espy, K. (2004). Using developmental, cognitive, and neuroscience approaches to understand executive control in young children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 379-384.
- Espy, K., Kaufmann, P., Glisky, M., & Mc Diarmid, M.D. (2001). New procedures to assess executive functions in preschool children. *The Clinical Neuropsychologist*, 15, 46-58.
- Feuchtwanger, E. (1923). Die Funktion des Stirnhirns: Ihre Pathologie und Psychologie. *Springer*.
- Flores, J. (2006). *Neuropsicología de lóbulos frontales*. México. Colección Juan Manzur Ocaña.
- Flores, J. (2007). *Desarrollo neuropsicológico de funciones frontales y ejecutivas de 6 a 30 años*. Tesis de Doctorado. UNAM. Facultad de Psicología.
- Flynn, E., O'Malley, C., & Wood, D. (2004). A longitudinal, microgenetic study of the emergence of false belief understanding and inhibition skills. *Developmental Science*, 7(1), 103-115.
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.
- Galvan, A., Hare, T.A., Parra, C.E., Penn, J., Voss, H., Glover, G., et al. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Neuroscience*, 26, 6885-6892.
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31-60.
- Garon, N., & Moore, C. (2004). Complex decision-making in early childhood. *Brain & Cognition*, 55(1), 158-170.
- Gerstadt, C., Hong, Y., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3.5-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129-153.
- Golberg, E. (2002). *The executive brain: frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.

- Goldstein, K. (1944). The mental changes due of frontal lobe damage. *Journal of Psychology*, 17, 187-203.
- Grossman, M., & Wood, W. (1993). Sex difference in intensity of emotional experience: a social interpretation. *Journal of Personality and Social Psychoogy*, 65(5), 1010- 1022.
- Harlow, J. (1848). Passage of iron rod through the head. En: Neylan, T. (1999). Frontal lobe function: Mr. Phineas cage's famous injury. *Neuropsychiatry Clinical Neuroscien*, 11, 2.
- Hughes & Graham. (2002). Measuring executive functions in childhood: problems and solutions. *Child & Adolescent Mental Health*, 7, 131-142.
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 233-253.
- Huizinga, Dolan, & van der Molen. (2006). Neural basis of executive function development during childhood and adolescence. A review. *Rev chil neuropsicol*, 5(3), 176-184.
- Hunter, S., Donders, J. (2007). *Pediatric neuropsychological intervention: A critical review of science and practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Huttenlocher, P. (1979). Synaptic density in human frontal cortex developmental changes and effects of aging. *Brain Research*, 163(2), 195-205.
- Huttenlocher, P. (1994). Synaptogenesis, synaptic elimination and neural plasticity in human cerebral cortex. En: Nelson, C. (Eds). *Threats to optimal development: integrating biological, psychological, and social risk factors*. Hillsdales: Erlbaum. 35-54.
- Huttenlocher, P., & Dabholkar, A. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal Compendium of Neuroogy*, 387(2), 167-178.
- Kerr, A., & Zelazo, P. (2004). Development of "hot" executive function: the children's gambling task. *Brain and Cognition*, 55, 148-157.
- Kimura, D. (2004). Human sex differences in cognition fact, no predicament. *Sexualities, Evolution and Gender*, 6, 45-53.
- Klenberg. (2001). An examination of developmental trajectories for attention skills in children. *Australian Educational and Developmental Psychologist*, 27(2), 76-89.
- Klimkeit, E., Mattingley, J., Sheppard, D., Farrow, M., & Bradshaw, J. (2004). Examining the development of attention and executive functions in children with a novel paradigm. *Child Neuropsychology*, 10, 201-211.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(6), 781-791.
- Kochanska, G. (2000). Committed compliance, moral self, and internalization: a mediational model. *Developmental Psychology*, 38(3), 339-351.
- Lamm, C., Zelazo, P., & Lewis, M. (2006). Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence: Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*, 44, 2139-2148.
- Lehto, J.E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59-80.
- Lezak, M. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.
- Lezak, M. (2004). *Neuropsychological assessment* (4ta ed.). New York: Oxford University Press.
- Luciana, M., Conklin, H., Hooper, C., & Yarger, R. (2005). The development of nonverbal WM and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76, 697- 712.
- Luciana, M., & Nelson, C. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided WM systems in four- to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36, 273-293.
- Luciana, M., & Nelson, C. (2002). Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge neuropsychological testing automated battery: Performance in 4- to 12-year-old children. *Developmental Neuropsychology*, 22, 595-624.

- Luciana, M., Schissel, A., Collins, P., & Lim, K. (2007). The adolescent development of planning skills as assessed by the tower of London task: behavioral and brain correlates. Poster presented at the meeting of the Society for Research in Child Development, Boston.
- Luna, B., Garver, K.E., Urban, T.A., Lazar, N.A., & Sweeney, J.A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, *75*, 1357–1372.
- Luria, A. (1966). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.
- Masterman, D., & Cummings, J. (1997). Frontal-subcortical circuits: The anatomic basis of executive, social and motivated behaviors. *Journal of Psychopharmacology*, *11*(2), 107–114.
- Miller, B. (2007). The human frontal lobes an introduction. En Miller, B., & Cummings, F. (2007). *The Human frontal lobes*. USA: Oxford University Press.
- Miller, E. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci* *24*:167:2002.
- Mischel, W., & Ebbesen, E. (1970). Attention in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, *16*(2), 329–337.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Howerter, W., & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” task: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49–100.
- Nagy, Z., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*, 1227–1233.
- Nigg, J.T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, *126*, 220–246.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. In Davidson, R.J., Schwartz, G.E., & Shapiro, D., editors, *Consciousness and self-regulation: advances in research and theory*. Plenum Press.
- Paterson, S., Heim, S., Friedman, J., Choudhury, N., & Benasich, A. (2006). Development of structure and function in the infant brain: implications for cognition, language and social behavior. *Neuroscience Biobehaviour Review*, *30*(8), 1087–1105.
- Paus, T., Collins, D., Evans, A., Leonard, G., Pike, B., & Zijdenbos, A. (2001). Maturation of white matter in the human brain: a review of magnetic resonance studies. *Brain Research*, *54*(3), 255–266.
- Posner, M., Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, *17*, 75–79.
- Robbins, T. (1998). Dissociating executive functions of the prefrontal cortex. En: Roberts, A., Robbins, T., Weiskrants, L. (Eds). *The prefrontal cortex*. London: Oxford University Press. 117–130.
- Romine, C., & Reynolds, C. (2005). A model of the development of frontal lobe function: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, *12*, 190–201.
- Rubia, K., Smith, A., Woolley, J., Nosarti, C., Heyman, I., Taylor, E., et al. (2006). Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. *Human Brain Mapping*, *27*, 973–993.
- Rueda, M., Fan, J., McCandliss, B., Halparin, J., Gruder, D., Lercari, L., et al. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, *42*, 1029–1040.
- Ruff, R., Allen, C., Farrow, C. (1994). Figural fluency impairment in patients with left versus right frontal lobes lesions. *Archives for clinical neuropsychology*, *9*, 41–55.
- Sabbagh, M., Xu, F., Carlson, S., Moses, L., & Lee, K. (2006). The development of executive functioning and theory of mind: A comparison of Chinese and US preschoolers. *Psychological Science*, *17*(7), 4–81.
- Scherf, K., Sweeney, J., & Luna, B. (2006). Brain basis of developmental change in visuospatial WM. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*, 1045–1058.
- Schwartz, B., Perfect, T. (2002). Introduction: Toward an applied metacognition. In Perfect T.J., & Schwartz B.L. (Eds.), *Applied metacognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Senn, T., Espy, K., & Kaufmann, P. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 445–464.
- Simpson, A., & Riggs, K.J. (2005). Inhibitory and WM demands of the day–night task in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 23, 471–486.
- Somsen, R.J.M. (2007). The development of attention regulation in the Wisconsin card sorting task. *Developmental Science*, 10, 664–680.
- Sowell, E., Thompson, P., Leonard, C., Welcome, S., Kan, E., & Toga, A. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *Journal of Neuroscience*, 24, 8223–8231.
- St. Clair-Thompson, H., & Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and WM. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745–759.
- Stuss D., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-433.
- Wechsler, D. (1981). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale—Revised*. New York: Psychological Corporation.
- Wiebe, S., Espy, K., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575–587.
- Wiebe, S., Sheffield, T., Nelson, J., Clark, C., Chevalier, N., & Espy, K. (2011). The structure of executive function in 3-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 436–452.
- Wood, A., & Smith, E. (2008). Pediatric neuroimaging studies: A window to neurocognitive development of the frontal lobes. In Anderson, V., Jacobs, R., & Anderson P. (Eds.), *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan Perspective*. New York.
- Zelazo, P. (1996). Towards a characterization of minimal consciousness. *New Ideas in Psychology*, 14, 63-80.
- Zelazo, P. (1998). Cognitive complexity and control: the development of executive function. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 93-119.
- Zelazo P. (2002). Executive function in typical and atypical development. In Goswami U. (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development*. Oxford: Blackwell.
- Zelazo, P. (2003). The development of young children's action control and awareness. In Roessler, J., & Eilan N. (Eds.), *Agency and self-awareness: issues in philosophy and psychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Zelazo, P., & Müller, U. (2002). The balance beam in the balance: reflections on rules, relational complexity, and developmental processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81, 458-465.
- Zelazo, P., Müller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3).

Índice

NOTA: Los números de página en **negritas** indican cuadros y en *cursivas* corresponden a figuras.

A

Abstracción, 2, 28, 40, 58, 73
Absurdos, 40, **45**, 58
 comparaciones ANOVA de, **45**
Acetilcolina, 7
Activación cerebral, 71
Análisis
 ANOVA, 44
 confirmatorio, 66
 de datos, 41
 de senderos, 33, 41, 66, 67
 factorial, 30
 exploratorio, 30
 factorial confirmatorio, 30, 31, 32, 41, 66
 modelos para, 66
 Z, 41, 59
Ángel-diablo, 38
Anisotropía, 21
ANOVA, 41
 comparaciones, **45**
Apoptosis, 11
Asimetría cerebral, 8
Atención sostenida, 2
Autorregulación, 2

B

Batería
 de funciones ejecutivas en edad preescolar, 38
 neuropsicológica, 38
Bloques

desventajosos, 26
ventajosos, 26

C

Cajones, 39, **45**, 55
 comparaciones ANOVA de, **45**
Capacidades cognitivas, 11
Cartero, 40, **45**, 56
 comparaciones ANOVA de, **45**
Categorización
 A, 51
 comparaciones ANOVA de, **45**
 B, 53
 comparaciones ANOVA de, **45**
CFI (índice de ajuste comparativo), 41
Circuito
 dorsolateral, 7
 frontosubcorticales, 7
 representación esquemática, 7
 medial, 7
 orbitofrontal, 7
Cisura
 de Rolando, 5
 de Silvio, 5
Clasificación de cartas
 I, 39
 II, 39
COF (corteza orbitofrontal), 5
Cognición, 4
Componente N200, 17
Comportamiento, 4
Comunicación neuronal, 17

Control
atencional, 3
metacognitivo, 2

Corteza
entorrinal, 7
orbitofrontal, 5
prefrontal, 4, 5
conectividad de, 6
desarrollo de, 12
división anatómica de, 6
dorsolateral, 6
medial, 6
neurotransmisión de, 7

CPF (corteza prefrontal), 4, 5
CPFDL (corteza prefrontal dorsolateral), 6
CPFM (corteza prefrontal medial), 6

Criterios
de exclusión, 38
de inclusión, 38

Cubos
de Corsi, 39
en regresión, 39
en regresión, 45, 48
comparaciones ANOVA de, 45

D

Demora
de la gratificación, 40, 59
análisis Z para, 59
del regalo, 40

Desarrollo
neuronal, 70
neuropsicológico, 11
de funciones ejecutivas, 11
dificultades en la evaluación, 13
uso de técnicas de neuroimagen, 13

Diferencias
hemisféricas, 8
sexuales, 9

Dígitos en regresión, 39, 45, 50
comparaciones ANOVA de, 45

Discusión, 69
Dopamina, 7
Dorsolateral prefrontal, 6

E

Edad preescolar, 15, 35, 69
desarrollo de planeación en, 25
hallazgos en el desarrollo de la inhibición en,
18

Emoción, 4
Escenario, 38

Estímulo(s)
habituales, 16
visual, 20
Estrógenos, 9
Evaluación
de habilidades de planeación, 24
de inhibición en preescolares, 16
tareas desarrolladas, 16

F

Familia de monos, 24
FE (funciones ejecutivas), 1
Flexibilidad mental, 2, 4, 13, 21, 39, 51, 71
desarrollo de habilidades de, 22
en la edad preescolar, 21
en tarea,
de cajones, 71
de categorización A, 71
de categorización B, 71
total de, 63
análisis ANOVA para, 64
análisis de diferencia honestamente
significativa, 64
gráfica del promedio del puntaje total de, 64
por cada grupo de edad, 64

Fluidez, 2

Funciones cognitivas
de alto nivel, 1
de bajo nivel, 1

Funciones ejecutivas (FE), 1
aproximaciones al estudio de, 3
calientes, 1
cambios en habilidades de, 69
componentes de, 32, 69
desarrollo de, 15
distintos componentes de, 35
en edad preescolar, 75
neuropsicológico de, 11
distintos componentes de, 31
en edad preescolar, 15, 31, 69
estructura de, 30, 31, 32, 66, 73
en edad preescolar, 69
frías, 1
idea multifactorial de, 31
implicaciones, 75
modelos,
factoriales y, 30
propuesto por Anderson, 2
objetivos del estudio de, 35
organización de, 33
procesos de, 31
reconocer la estructura de, 36
relación entre componentes incluidos en, 32, 74
sus efectos directos, 66
tareas computarizadas, 16
trayectorias de desarrollo de, 15
unidad o diversidad de, 31

G

Grados de reglas simples o condicionales, 28

H

Habilidades verbales, 9

Hora de la comida, 38, 51

comparaciones ANOVA de, 45

I

Índice de ajuste comparativo (CFI), 41

Inervación polineural, 12

Inhibición, 2, 4, 16, 38, 44

Investigación

análisis de datos, 41

discusión de resultados, 41

evaluación, 41

fase,

1, 40

2, 41

3, 41

integración, 41

procedimiento, 40

protocolo de, 40

selección, 40

J

Juego de la apuesta, 25, 40, 58

dificultad en el, 72

L

Laberintos, 39, 40, 45, 56

comparaciones ANOVA de, 45

de Porteus, 24

Lóbulos frontales (LF), 1, 4

división anatómica de, 5

representación anatómica de, 5

Locus coeruleus, 7

M

Maduración cerebral, 11

Mapa citoestructural de Broadman, 6

Marcador somático, 3

Medial, 7

Memoria de trabajo, 2, 3, 18, 38, 48, 70, 74

en edad preescolar, 20

habilidades de, 21

total de, 61

para obtener el, 61

visoespacial, 71

visual, 21

Mentalización, 2

Meta, 3

formulación de la, 3

Método, 37

características de la muestra, 37

de coeficientes de senderos, 33

definición de variables, 37

instrumentos, 38

tipo y diseño de la investigación, 37

Mielinización, 11

Modelo

de funciones ejecutivas, 2

de Anderson, 2

de procesamiento de información, 3

de senderos, 68

factorial ajustado, 67

jerárquico de reglas, 29

Motor, 6

Motricidad fina, 9

Muestra, 37

características, 37

demográficas de, 44

sociodemográficas, 43

total, 43

trayectorias de desarrollo, 44

N

Noradrenalina, 7

O

Oculomotor, 6

Ontogenética, 4

Orbitofrontal, 7

Organización, 4

P

Paradigma de Stroop, 16

día-noche, 16

muestra del, 16

Planeación, 2, 22, 39, 56, 72

Planificación, 4

Planteamiento del problema, 35

objetivos,

específicos, 36

- general, 36
- Poda sináptica, 12
- Preescolares, 15
 - desarrollo del procesamiento de riesgo-beneficio, 27
- Problema, planteamiento del, 35
- Procesamiento de riesgo-beneficio, 2, 4, 25, 40, 58, 72
- Procesos cognitivos, 1
- Prueba(s)
 - cartero, 56
 - análisis ANOVA para, 56
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 57
 - por cada grupo de edad, 57
 - categorización A, 51
 - análisis ANOVA para, 52
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 52
 - por cada grupo de edad, 53
 - categorización B, 53, 54
 - análisis ANOVA para, 54
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 54
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 54
 - cubos en regresión, 48
 - análisis ANOVA para, 48
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 49
 - gráfica del promedio del puntaje obtenido en, 49
 - por cada grupo de edad, 49
 - de absurdos, 58
 - análisis ANOVA para, 58
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 58
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 59
 - por cada grupo de edad, 59
 - de ajuste de dos modelos probados, 65, 68
 - de cajones, 55
 - análisis ANOVA para, 55
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 55
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 55
 - por cada grupo de edad, 55
 - de demora de la gratificación, 61
 - gráfica del promedio de porcentaje de respuestas, 61
 - por cada grupo de edad, 61
 - de dígitos en regresión, 50
 - análisis ANOVA para, 50
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 51
 - gráfica del promedio del puntaje obtenido en, 50
 - por cada grupo de edad, 50
 - de hora de la comida, 51, 52
 - análisis ANOVA para, 51
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 51
 - por cada grupo de edad, 52
 - de juego, 60
 - tabla de subgrupos homogéneos, 60
 - de juego de apuesta, 58, 60
 - análisis ANOVA para, 58
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 58
 - gráfica del promedio de porcentaje de cartas de riesgo en, 60
 - por cada grupo de edad, 60
 - de laberintos, 56
 - análisis ANOVA para, 56
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 56, 57
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 56
 - por cada grupo de edad, 56
 - de puño-dedo, 48
 - análisis ANOVA para, 48
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 48
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos en, 48
 - por cada grupo de edad, 48
 - de Stroop ángel-diablo, 44
 - análisis ANOVA para, 44, 47
 - análisis de diferencia honestamente significativa para, 44, 47
 - de Stroop día-noche, 46
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos, 47
- Puño-dedo, 38, 45, 48
 - comparaciones ANOVA de, 45

R

- Razonamiento matemático, 9
- Regalo
 - demora del, 26, 40
 - inesperado, 26
- Relaciones de estímulo-respuesta (E-R), 28
- Representación mental de reglas, 28
- Resonancia magnética funcional, 70, 72
- Respuestas
 - automáticas, 16
 - verbales, 14
- Resultados, 43

S

- Sinaptogénesis, 11
- Sistema(s)
- catecolaminérgicos, 7
 - colinérgicos, 7, 12
 - de neurotransmisión de la CPF, 8
 - dopaminérgicos, 12
 - gabaérgicos, 12
 - nervioso central (SNC), 4
 - noradrenérgicos, 12
 - serotoninérgicos, 12
- Stroop ángel-diablo, 44, 45
- comparaciones ANOVA de, 45
 - gráfica del promedio de aciertos obtenidos, 46
- Stroop día-noche, 38, 45, 46
- comparaciones ANOVA de, 45
- Switch Task for Children* (STC), 22

T

- Tarea(s)
- de cajones, 55
 - tabla de subgrupos homogéneos de, 55
 - de cartero, 58, 59, 72
 - tabla de subgrupos homogéneos, 58, 59
 - de categorización A, 53
 - tabla de subgrupos homogéneos, 53
 - de categorización B, 54
 - tabla de subgrupos homogéneos, 54
 - de cubos en regresión, 19, 50, 71
 - a partir del procedimiento HSD de Tukey, 50
 - representación de, 19
 - tabla de subgrupos homogéneos, 50
 - de dígitos en regresión, 19, 51, 71
 - tabla de subgrupos homogéneos, 51
 - de evaluación, 70
 - de hora de la comida, 52, 71
 - tabla de subgrupos homogéneos, 52
 - de inhibición, 17, 70
 - de juego de apuesta, 72
 - de laberintos, 57, 72
 - tabla de subgrupos homogéneos, 57
 - de lectura, 21
 - de planeación secuencial, 72
 - de puntos, 19
 - de puño-dedo, 70
 - de semejanzas, 29
- Tareas de Stroop
- ángel-diablo, 46, 70

- tabla de subgrupos homogéneos, 46
 - día-noche, 47, 70
 - a partir del procedimiento HSD de Tukey, 47
 - tabla de subgrupos homogéneos de, 47
 - puño-dedo, 49
 - a partir del procedimiento HSD de Tukey, 49
 - tabla de subgrupos homogéneos, 49
- Teoría del control y complejidad cognitiva, 73
- Testosterona, 9
- Torre de Londres, 24
- Total de flexibilidad mental, 63
- tabla de subgrupos homogéneos, 63
- Total de inhibición, 60
- análisis,
 - ANOVA para, 61
 - de diferencia honestamente significativa para, 61
 - gráfica del promedio del, 62
 - por cada grupo de edad, 62
 - tabla de subgrupos homogéneos, 61, 62
- Total de memoria de trabajo, 61, 62
- análisis,
 - ANOVA para, 62
 - de diferencia honestamente significativa para, 62
 - gráfica del promedio del puntaje, 63
 - para obtener el, 61
 - por cada grupo de edad, 63
- Total de planeación, 65
- análisis,
 - ANOVA para, 65
 - de diferencia honestamente significativa, 65
 - gráfica del promedio del puntaje, 65
 - por cada grupo de edad, 65
- Tres
- factores independientes, 3
 - unidades funcionales, 3

V

- Variable
- de control, 37
 - dependiente, 37
 - independiente, 37

W

- Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), 21, 33

Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en preescolar

María Guadalupe González Osornio

El objetivo del libro *Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar* es integrar las principales funciones ejecutivas estudiadas en edad preescolar, estudiar el curso de su desarrollo y explorar la relación entre ellas. De forma innovadora se aplicaron técnicas estadísticas avanzadas como los modelos de ecuaciones estructurales, para clarificar la estructura de FE y examinar los efectos directos de sus componentes.

Este método permitió identificar que la estructura de las FE en la edad preescolar, incluye dos componentes: memoria de trabajo e inhibición que están relacionados, pero que son independientes e inciden en los componentes de planeación y flexibilidad mental. Estos hallazgos nos ayudan a identificar el desarrollo normal y dan herramientas para intervenir en los casos de patologías. Es un libro que merece un lugar prominente en la biblioteca de estudiantes, investigadores y clínicos que busquen la comprensión actualizada sobre este novedoso e importante tema.



www.manualmoderno.com

Títulos afines:

- **Flores/Ostrosky;** Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas
- **Rosselli/Matute/Ardila;** Neuropsicología del desarrollo infantil
- **Ardila/Rosselli/Matute;** Neuropsicología de los trastornos del aprendizaje

ISBN 978-607-448-450-2



9 786074 484502